Platforma pasivních domů III – Strategická výzkumná agenda

EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
OP Podnikání a inovace
pro konkurenceschopnost

MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU

Financováno z projektu Platforma pasivních domů III. CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_105/0018879

Název

Platforma pasivních domů: Strategická výzkumná agenda

Autoři:

Ing. Tomáš Vanický
Ing. Jan Bárta
Ing. Michal Čejka
Mgr. Petr Holub
Mgr. Tomáš Trubačík
Ing. Libor Hrubý
Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.
Ing. Tereza Pavlů, Ph.D.
Ing. Jakub Diviš
Ing. Zdenko Malík
Ing. Martin Volf, Ph.D.

Podpis zpracovatele: .....

Datum zpracování: 21. 01. 2022

Obsah

1. Úvod 6
1.1. Vymezení pojmů 7
2. Zhodnocení současného stavu budov 7
2.1. Vize 8
2.2. Cíle 9
2.2.1. Komunikace a zviditelnění 9
2.2.2. Věda a vývoj 9
2.2.3. Vzdělávání 10
2.3. Bariéry 10
2.3.1. Politické 10
2.3.2. Technické 11
2.3.3. Ekonomické 11
2.3.4. Sociální 11
2.4. SWOT analýza z pohledu oboru pasivních domů 12
2.5. Energetická náročnost budov jako součást klimaticko-energetických politik 13
2.5.1. Evropský rámec 2030 13
2.5.2. Další očekávaný vývoj v oblasti evropské klimaticko-energetické politiky 14
2.5.3. Česká energetika v oblasti úspor energie (v budovách) 17
3. Nástroje 19
3.1. Proveditelnost a strategie 19
3.1.1. Úprava platných norem a legislativy 19
3.1.2. Zviditelnění a popularizace dobrovolných nástrojů 19
3.1.3. Technická proveditelnost 19
3.1.4. Doporučení strategie 20
3.2. Vývoj vzdělávacích programů 20
3.2.1. Stávající stav 20
3.2.2. Cíle 21
3.2.3. Aktivity 21
3.2.4. Oblast vědy a vývoje 25
3.3. Stavební prvky, materiály, unifikace a typová řešení 25
3.3.1. Stavební prvky, konstrukce, komponenty a zařízení 25
3.3.2. Příprava prefabrikátů umožňujících jednoduché zakomponování a odstranění ze stavební konstrukce 26
3.3.3. 1D prefabrikace 28
3.3.4. 2D prefabrikace 29
3.3.5. 3D prefabrikace 36
3.4. Požadavky na výrobu 36
3.5. Požadavky na technickou přípravu 37
3.6. Klimatické podmínky 38

3.7. Oběhové hospodářství ... 39
4. Využití automatizovaných procesů pro výstavbu ... 40
4.1. Stavebnictví 4.0 ... 42
4.1.1. Inteligentní staveniště ... 44
4.1.2. 3D tisk ... 44
4.1.3. Robotizace ... 45
4.1.4. Simulace a modelování ... 49
4.1.5. Digitalizace a virtualizace ... 50
4.2. Příklady staveb ... 50
5. Stavební prvky a konstrukce umožňující zakomponování rozvodů technického zařízení budov ... 55
5.1. Integrované konstrukčně-technologické systémy ... 55
5.2. Solární komíny a větrné věže ... 58
5.3. LaWin: Large-area Fluidic Windows – kapilární sklo ... 60
5.3.1. Požadavky na výrobu ... 61
5.3.2. Ověření konceptu ... 63
5.3.3. Kompletace dílců, výhody a možná slabá místa ... 64
5.3.4. Potenciál na trhu v EU ... 65
5.4. Powerskin+ ... 65
5.5. Energeticky pozitivní renovace pomocí prefabrikované fasády: Kapfenberg ... 65
6. Používání přírodních a recyklovaných materiálů ... 68
6.1. Přírodní materiály ve stavebních konstrukcích ... 70
6.2. Odpadní materiál ze stavby ... 71
6.3. Odpadní materiál z demolice ... 71
6.4. Odpadní materiál z ostatních druhů odpadů ... 72
6.5. Zhodnocení technické specifikace vybraných přírodních a recyklovaných materiálů a příklady z praxe ... 73
6.5.1. Dusaná nepálená hlína ... 73
6.5.2. Prefabrikovaný slaměný panel ... 75
6.5.3. Zdicí bloky pro suchou výstavbu ... 78
6.5.4. Základový prvek pro suché zdění ... 78
6.5.5. Domy s využitím prvků pro suché zdění ... 79
7. Technická zařízení budov vč. obnovitelných zdrojů energie ... 80
7.1. Zdroje tepla z obnovitelných a alternativních zdrojů energie ... 80
7.2. Distribuce tepla ... 82
7.3. Distribuční prvky tepla/chladu ... 82
7.4. Vzduchotechnické systémy ... 83
7.4.1. Vzduchotechnické jednotky ... 83
7.4.2. Distribuční soustava ... 84
7.4.3. Distribuční elementy ... 85
7.4.4. Využití fotovoltaiky ... 85
8. Udržitelný rozvoj v oblasti pasivních domů ... 86
8.1. Stávající stav ... 86

8.2. Definice pojmu udržitelný rozvoj? ... 86
8.3. Udržitelný rozvoj v ČR ... 87
8.4. Cíle ... 88
8.5 Oblasti výzkumu a vývoje ... 89
8.5.1 Používání přírodních a recyklovaných materiálů (využití podmínek cirkulární ekonomiky) ... 89
8.5.2 Využití lokálních obnovitelných zdrojů energie v mezích kapacity ekosystému ... 90
8.5.3 Lokální energetické systémy s malou či žádnou závislostí na elektrizační soustavě ... 90
8.5.4 Lokální smart grids pro skupiny odběratelů s akumulací elektrické energie ... 90
8.5.5 Systémy výroby chladu s užitím různých vstupních energonositelů ... 91
9. ZÁVĚR ... 92
10. LITERATURA ... 93
11. SEZNAM ILUSTRACÍ ... 99
11.1. Seznam obrázků ... 99
11.2. Seznam tabulek ... 100

1. Úvod

„Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si ji vypůjčujeme od našich dětí."

Antoine de Saint-Exupéry

Vývoj v pozemním stavebnictví je, od konce 70. let 20. století, charakterizován zvyšujícími se požadavky na tepelnou ochranu budov, zajištění ochrany konstrukcí (stavebních prvků), zdravého vnitřního prostředí a vysokého komfortu tepleného komfortu v průběhu celého roku.

Výsledkem jsou kontinuálně se zpřísňující požadavky na tepelně-technické vlastnosti staveb. Pasivní domy, ke kterým se požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí v posledních letech přibližují, mají požadované hodnoty stále přísnější. Je tedy vhodné hledat a vyvíjet nová řešení a výrobky, které splňují požadavky pro pasivní výstavbu, avšak současně jsou cenově dostupné pro koncového zákazníka.

Od přijetí obsáhlého balíčku legislativy v oblasti klimatu a energetiky v roce 2009 již uplynulo více než 10 let. Soubor směrnic a dalších dokumentů stanovil evropské cíle pro rok 2020. Šlo o dosažení 20% podílu obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie EU, 20% snížení emisí oproti roku 1990 a 20% zvýšení energetické účinnosti[1].

V roce 2021, dochází na evropské ale i na národních úrovních postupně k vyhodnocení jejich plnění. I bez konečného oficiálního výsledku je ale jasné, že nastolený trend bude pokračovat. Dohoda[2] po klimatické konferenci v Paříži na konci roku 2015 znamenala, že boj se změnou klimatu a s ním spojená proměna energetiky bude i nadále jedním ze stěžejních témat EU. V roce 2016 proto Evropská komise přišla s dalším balíčkem legislativy nazvaným *Čistá energie pro všechny*[3], který v souladu s pařížskou dohodou navrhoval změny příslušných směrnic a cíle pro rok 2030 s výhledem na rok 2050. Klíčové části legislativy byly schváleny v letech 2018 a 2019[4] a přináší hlavní cíle pro rok 2030 v podobě: **32% podílu obnovitelných zdrojů** na hrubé konečné spotřebě energie EU, **40% snížení emisí** oproti roku 1990 a **32,5% zvýšení energetické účinnosti**[5]. Zároveň se sjednocuje reportování jednotlivých cílů a členské státy jsou nuceny připravit integrované vnitrostátní plány v oblasti energetiky a klimatu[6].

Na konferenci v Glasgow v roce 2021 došlo k potvrzení procesu dobrovolných závazků z Paříže. 86% ze 197 států předložilo národní klimatické závazky k dlouhodobé uhlíkové neutralitě. Česká republika prostřednictvím MPO začala s přípravou aktualizace Národního energeticko-klimatického plánu 2030 (NEKP). Předpokládané dokončení tohoto dokumentu se očekává v roce 2023.

[1] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
[2] http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf
[3] https://ec.europa.eu/energy/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition_en?redir=1
[4] https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/05/22/clean-energy-for-all-council-adopts-remaining-files-on-electricity-market-and-agency-for-the-cooperation-of-energy-regulators/
[5] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
[6] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1999

1.1. Vymezení pojmů

Technologická platforma (TP) je volné pracovní uskupení sdružující projektanty, průmyslové podniky všech velikostí, výzkumné instituty, akademickou sféru i nevládní organizace. Technologická platforma by měla pokrývat některou ze strategicky významných technologických oblastí. V rámci těchto oblastí TP pomáhají lépe propojit priority výzkumu a vývoje s potřebami průmyslu a zároveň posilují přenos nových znalostí získaných ve výzkumu do praxe.

Cílem Platformy pasivních domů bylo vytvoření střednědobé až dlouhodobé vize budoucího technologického vývoje, která by zahrnovala významné otázky týkající se hospodářského růstu, konkurenceschopnosti a udržitelného rozvoje v České republice. Základním nástrojem je tzv. **Strategická výzkumná agenda (SVA)**, interní dokument definující vědecko-výzkumné priority, možný časový harmonogram i potenciální zdroj pro jejich realizaci.

SVA popisuje otázky, na které je třeba nalézt odpověď pro dosažení cílů TP. Definuje okruhy budoucího výzkumu a bude obsahovat technologické návody na poskytování "úrodné půdy" pro další rozvoj pasivních domů. Dokument obsahuje příspěvky pracovních skupin, které měly za úkol identifikovat klíčové oblasti výzkumu, omezení a překážky, kterým čelí výzkumníci a navrhnout vylepšení tam kde je to potřeba.

Cestovní mapa (CM) definuje etapy a konkrétní kroky směřující k průmyslové modernizaci a zavádění pokročilých technologií, které jsou pro dané odvětví relevantní. Cestovní mapa na základě definovaných potřeb, inovačních příležitostí a bariér navrhne a popíše možná řešení a způsob jejich implementace v rámci odvětví TP. Cílem tohoto dokumentu je zvýšit připravenost malých a středních podniků na nástup pokročilých technologií, které vyžadují kombinaci různých kompetencí a inovativních řešení a které mohou přispět k rozvoji nových meziodvětvových hodnotových řetězců. Součástí dokumentu bude mapa potenciálních nových hodnotových řetězců v dané aplikační oblasti vycházející z identifikovaných nových technologických řešení.

2. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU BUDOV

Rozvinuté země, mezi něž patří také členské státy EU, se stále častěji zabývají otázkami snižování spotřeby energie a snižováním produkce CO_2 a dalších skleníkových plynů do atmosféry. To je také jeden z důvodů, proč spotřeba energie již není definována jako konečná, ale uvádí se jako primární, tzn. energie z hlediska životního cyklu, jenž nejvíce ovlivňuje globální ekologické změny.

Více než 40 % z celkové primární spotřeby energie v rozvinutých evropských zemích v současnosti tvoří primární spotřeba energie v budovách, ve kterých lidé tráví 80 - 90 % času. Poptávka po energii v zemích s rychle rostoucí ekonomikou (jako jsou např. Indie, Čína a další země jihovýchodní Asie)

rok od roku vzrůstá, v hustě zalidněných zemích světa stále vzrůstají požadavky kvalitu života, a tedy i na zdroje energie. Roste i zájem těžařských společností se na těchto trzích dobře uchytit.

Evropa má tak velký zájem spotřebu energie snížit a rozšířit podíl výroby z lokálních obnovitelných zdrojů. Stejně tak je cílem snížení závislosti na zemích, z nichž zdroje energie dováží a které nejsou členy EU.

Prakticky již v době schválení výše uvedených cílů pro rok 2030 se mluví o jejich nedostatečnosti a potřebě směřovat ke klimatické neutralitě. Na podzim roku 2019 proto Komise navrhla navýšit celkovou ambici na minimálně **55% snížení emisí oproti roku 1990**[7] a v rámci komunikace nazvané **Zelená dohoda pro Evropu**[8] byla otevřena cesta k další aktualizaci nedávno dohodnutých směrnic a cílů. Nejvyšší představitelé jednotlivých členských států EU v prosinci 2020 tuto navýšenou ambici potvrdili[9] a vyzvali Komisi k přípravě příslušné legislativy. První návrhy, zejména směrnice o obnovitelných zdrojích, energetické účinnosti a revizi systému obchodování s emisními povolenkami Komise představila v červenci a prosinci roku 2021 jako balíček „Fit-for-55“ (blíže viz níže)[10].

Souběžně s debatami o klimatické politice se odehrávalo schvalování unijního rozpočtu na období 2021-2027 a schvalování tzv. *Fondu obnovy*, který má nastartovat ekonomický růst po pandemii Covid-19. I díky tomu má z každého tohoto balíku peněz směřovat podstatná část právě na „zelené projekty“, které přibližují Evropu vizi klimatické neutrality v roce 2050[11].

2.1. Vize

Cílem Platformy pasivních domů III, je zviditelnění a osvěta Směrnice o energetické náročnosti 2010/31/EU do českého tržního prostředí a aktivní podpora transpozice direktivy EPBD III 2018/844/EU, do české legislativy. Forma podpory je zaměřena na výstavbu novostaveb v pasivním standardu a změn stávajících staveb se zahrnutím principů definovaných pro pasivní standard do návrhu a realizace. Následujícím cílem je zajištění vyššího uplatnění obnovitelných zdrojů v budovách a využívání lokálně vyrobené energie. Dále také zrychlení tempa výstavby pasivních domů a zlepšení kvality provádění výstavby nových a změn stávajících staveb, prostřednictvím:

- osvěty a vzdělávání studentů, projektantů, realizačních firem a dalších odborníků ve výstavbě,

[7] https://ec.europa.eu/czech-republic/news/200917_emissions_cs
[8] https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_cs
[9] https://www.consilium.europa.eu/media/47344/1011-12-20-euco-conclusions-cs.pdf
[10] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#documents
[11] https://ec.europa.eu/clima/policies/budget/mainstreaming_en

- osvěty regionálních a státních úředníků – motivující k realistické změně technických norem a další legislativy,
- osvěty široké veřejnosti – média a osvětové kampaně,
- vývoje a praktického využití nových technologií (stavební prvky a konstrukce, technická zařízení budov, efektivní zdroje energie).

Naše vize lépe usiluje o zohlednění šetrného nakládání s přírodními zdroji (energie, materiálů) a podpoře implementace principů udržitelného rozvoje.

2.2. Cíle

2.2.1. Komunikace a zviditelnění

- průzkum dopadů současné a aktualizace komunikační strategie,
- komunikace a zviditelnění skrze media, tiskoviny pro odbornou a širokou veřejnost,
- komunikace se zástupci veřejných institucí s cílem přípravy podkladů pro změnu zákonů, vyhlášek a požadavků jednotlivých způsobů hodnocení energetické náročnosti budov,
- komunikace se zástupci veřejných institucí s cílem stanovení pravidel pro nová rozvojová území a jejich začlenění dostávajících celků,
- komunikace s finančními institucemi – bankovní produkty a podpora opatření pro zvýšení energetické účinnosti realizovaných i nových staveb a využívání obnovitelných zdrojů energie,
- osvětové akce pro odbornou i laickou veřejnost (networkingové příležitosti apod.).

2.2.2. Věda a vývoj

- stanovení strategie vývoje v oblasti stavebnictví, stanovení termínů, kdy budou předpoklady upravovány v závislosti na technických, ekonomických, energetických a klimatických změnách,
- stavební materiály, prvky, komponenty a zařízení (vybrané výrobky pro stavbu),
- konstrukční detaily (zamezující vzniku nepříznivých tepelných vazeb, detaily zohledňující začlenění technologie a distribučních soustav do stavby a možnosti jejich budoucí jednoduché výměny),
- technická zařízení budov – VZT, zdroje tepla, OZE, M&R, inteligentní řízení,
- používání přírodních a recyklovaných materiálů (využitelnost cirkulární ekonomiky),
- využití lokálních OZE v mezích kapacity ekosystému, akumulace a distribuce vyrobené energie,

- sociální kontext udržitelné výstavby v oblasti územního plánování,
- konstrukční celky a stavby - automatizace výstavby,
- koordinace a zapojení ČR do mezinárodních projektů, které mohou přispět k transferu informací, technologií, a know-how,
- pokračování zapojení do European Construction Technology Platform.

2.2.3. Vzdělávání

- obecně vývoj vzdělávacích programů pro jednotlivé cílové skupiny,
- základní školy – doporučení programu, plánu výuky,
- střední školy a odborná učiliště – program, plán výuky,
- vysoké školy – program, plán výuky,
- celoživotní vzdělávání – profesní komory ČKAIT, ČKA, řemeslníci; veřejná správa; pedagogičtí pracovníci, členové technologické platformy.

2.3. Bariéry

Pro realizaci našich vizí a cílů je třeba definovat nástroje vedoucí k prolomení stávajících bariér. V této kapitole uvádíme souhrn bariér, které jsou obecně známé mezi širokou veřejností.

2.3.1. Politické

- rozdílná metodika hodnocení energetické náročnosti pro stavební povolení, státní dotace a podporu, návrh a předprojektové a projektové práce,
- nejednotné podmínky různých poskytovatelů podpory pro udělení dotace na podporu realizace nových či rekonstrukce stávajících staveb pro bydlení z veřejných financí,
- nejednotný přístup pro zadávání veřejných zakázek a obavy investorů z procesního pochybení při stanovení jiných kritérií, nežli je nejnižší cena,
- státní podpora na instalace obnovitelných zdrojů energie, avšak legislativní bariéry při uskladnění či lokální distribuci vyrobené energie v území,
- chybějící povinnost provádění kontrol a jejich podrobné dokumentace kvality realizace výstavby. V současné době není dostatečný tlak na kvalitu, nejsou stanoveny dostatečné postihy, pokud nebude kvalita dodržena. Stejně tak není stanovena dostatečná motivace pro investory a stavebníky,
- překážky ve sdílení lokálně vyrobené energie v jiných objektech (spotřebičích). Příkladem budiž podpora instalace fotovoltaických panelů na střechy škol (a v období letních prázdnin, kdy dochází k největším ziskům) nemožnost distribuce např. do veřejného osvětlení v majetku stejného provozovatele (obce).

2.3.2. Technické

- Na trhu obecně chybí nezávislý systém vedoucí ke třídění a doplňování informací (kvůli rychlému vývoji technologií a jejich rychlému zastarávání) umožňujících optimální návrh, případně snadnou obnovu, doplnění či výměnu morálně a fyzicky zastaralých komponent.
- Architekti a projektanti nejsou připraveni na holistický přístup navrhování staveb a zohledňování požadavků na vytvoření odpovídajícího technického zázemí, optimalizovaný návrh trasování distribučních soustav a prvků s nižší životností, tak aby v budoucnu nedocházelo k poškození stavebních prvků a konstrukcí s delší dobou životnosti.
- Využití lokálních distribučních sítí pro zajištění akumulace a spotřeby vyrobené energie v lokalitě je ve fázi výzkumu a jeho začlenění do budov naráží na technickou nepřipravenost projektů a realizovaných staveb.
- Stavební dozory investora nemají dostatečné podklady, popř. znalosti pro kontrolu projektu z hlediska odbornosti a dodržování technologických postupů během výstavby.
- Stavební firmy nejsou připraveny ke zhodnocení dostatečné připravenosti projektů při podání nabídek a následné realizaci dle nových požadavků energeticko-technologických procesů (technická a časová náročnost).
- Stavební firmy nevyužívají automatizované systémové realizace nových staveb či změn stávajících domů a budov.

2.3.3. Ekonomické

- nízká finanční gramotnost mezi odborníky ve stavebnictví, kdy navýšení počáteční investice není dostatečně obhájeno s ohledem na budoucí přínosy a celoživotní cyklus,
- nízká bonita potenciálních žadatelů o úvěr na změnu stávající stavby či výstavbu nové nemovitosti,
- nerovnováha mezi nabídkou a poptávkou, která umožňuje navyšovat ceny nemovitostí bez ohledu na kvalitu realizace,
- ekonomické vlivy – inflace, šedá ekonomika.

2.3.4. Sociální

- pomalá adaptace (konzervativní přistup) odborníků na nové materiály, technologie a jejich využití při zpracování návrhů projektů a realizace během stavení realizace,
- nedostatek pracovníků na realizaci staveb, tj. vysoká poptávka po pracovnících způsobující mj. nízkou motivace pro zvyšování vlastní kvalifikace,
- malý zájem o půjčky/dotace na opatření vedoucí k realizaci s výrazným snížením budoucí spotřeby energie,

- neochota investovat do kvalitní přípravy projektové dokumentace, neochota přizvat architekta/projektanta/energetického specialistu (především rekonstrukce rodinných domů).

2.4. SWOT analýza z pohledu oboru pasivních domů

Tabulka 1 -SWOT analýza z pohledu oboru pasivních domů

Silné stránky	Slabé stránky
■ existence Centra pasivního domu – sdružení rozdílných odborníků ■ existence zkušených firem (zdroj inspirace a opakovatelnosti) ■ ověřený koncept (více než 30. let) ■ stálost definice v závislosti na lobby firem a politickým preferencím ■ existence dobrých příkladů, z ČR a zahraničí, tj. funkčnost ■ existence kontinuálních programů podpory (Nová Zelená Úsporám, OPŽP, EFEKT) ■ nezávislost (nízká ekonomická závislost na růstu ceny energie) ■ komfort a kvalita bydlení ■ zajištění zdravého prostředí a splnění hygienických požadavků) ■ úspora nákladů na energii (finanční, sociální) ■ úspora zdrojů energie ■ prodloužení životnosti zabudovaných stavebních materiálů a konstrukcí ■ šetrnost k ŽP a úspora CO_2	■ nedostatek odborníků/zkušených firem ■ neexistence jednotné definice PD (mezinárodní a národní úroveň přizpůsobená pro zisk dotace) ■ úroveň projektů ■ obecně nízké odborné znalosti (architekt, projektant, realizační firma) ■ předsudky (drahé domy, špatná hygiena, vysoké nároky na obsluhu apod.) ■ nezájem developerů ■ obavy státní správy ■ vyšší počáteční investice a časová náročnost ■ nedostatečná komunikace zdravotního hlediska a komfortu vnitřního prostředí ■ nízká informovanost pedagogů o PD na ZŠ, SŠ, VŠ ■ nízká znalost principů mezi odborníky ■ nedostatečně rozvinutá společenská poptávka ■ malý počet odborníků pro větší projekty ■ nedostatečný počet odborníků zohledňující požadavky dalších procesů
Příležitosti	**Hrozby**
■ PR ■ firmy začnou tlačit na vývoj a výrobu ■ dotační programy pro PD ■ zvyšování cen energie > zájem investorů (soukromých i veřejných) ■ zpřísňování norem z EU ■ aktivity organizací s podobným cílem (Hnutí Duha apod.)	■ umělé snižování cen energie, daňové znevýhodnění ■ negativní a nepovedené příklady, nízká kvalita realizací ■ dezinformace o PD (o ceně, kvalitě) ■ lobby energetických firem ■ lobby firem výrobců stavebních materiálů ■ lobby výrobců technologií ■ změna priorit politiků

▪ priority určování politických priorit a odpovědné formování trhu	▪ ekonomické možnosti malých/středně velkých investorů ▪ konzervativnost a tradice

2.5. Energetická náročnost budov jako součást klimaticko-energetických politik

2.5.1. Evropský rámec 2030

Jak bylo uvedeno výše, jedním z cílů EU jako celku je zvyšování energetické účinnosti. Tento cíl vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU o energetické účinnosti (EED)[12] a její revize z roku 2018[13]. Na rozdíl od ostatních cílů je **počítán jako 32,5% snížení primární a konečné spotřeby energie oproti předpokladu spotřeby referenčního scénáře matematicko-ekonomického modelu PRIMES pro rok 2030**. Podle článku 3 EED tak v roce 2030 nesmí EU jako celek překročit hodnotu 1.273 Mtoe primární spotřeby a 956 Mtoe konečné spotřeby. Členské státy mají k tomuto cíli přispět svými vnitrostátními orientačními cíli a taktéž díky schématu povinných úspor dle článku 7 EED. Ten požaduje pro období 2021-2030 vykazování každoročních úspor ve výši 0,8 % z roční konečné spotřeby energie z let 2017-2019. A protože již za sebou máme období 2014-2020 a cíl 20% snížení primární a konečné spotřeby energie, lze jednoznačně konstatovat, že právě **článek 7 se ukázal jako klíčový nástroj pro snižování spotřeby, resp. zvyšování energetické efektivity**, a celkově pro rozvoj odvětví energetických úspor včetně energeticky úsporného stavebnictví (viz níže).

Protože jsou budovy odpovědné za přibližně 40 % spotřeby energie v EU a více než 1/3 všech emisí CO_2, klade EU důraz na nízkou energetickou náročnost nové výstavby a zejména renovaci stávajícího fondu budov. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (EPBD)[14] přišla s požadavkem, aby členské státy vytvořily **minimální energetické standardy budov** a zajistily, že **všechny nové budovy budou po roce 2020 splňovat standard budov s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB)**. Již výše zmíněná směrnice o energetické účinnosti pak tyto snahy umocnila schématem povinných úspor a skrze povinnost vypracování a realizaci Dlouhodobé strategie renovací budov.

Nepříliš uspokojivý posun v oblasti renovací stávajících budov, a tedy stále nedostatečně naplněný potenciál úspor v oblasti energetické modernizace zejména obytných budov, přiměl Evropskou komisi zaměřit se na tento sektor více. Na podzim roku 2020 Komise publikovala iniciativu s názvem *Vlna renovací.*[15] Jedná se o soubor návrhů více či méně konkrétních opatření a plánů, jak zvýšit míru renovací, zajistit jednoduché a dostatečné financování. Vedle rezidenčního sektoru a zejména

[12] http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32012L0027
[13] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32018L2002
[14] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02010L0031-20210101
[15] https://ec.europa.eu/czech-republic/news/201014_rennovation_wave_cs

sociálního bydlení se chce Komise více zaměřit na budovy ve veřejném vlastnictví jako jsou školy, úřady a nemocnice.

2.5.2. Další očekávaný vývoj v oblasti evropské klimaticko-energetické politiky

Jak bylo uvedeno výše, v roce 2021 došlo v rámci dvou částí balíčku „Fit-for-55“ ke znovuotevření evropských směrnic, které mohou mít dopad i do sektoru budov. Již nyní je jasné, že nastolená politika dosažení klimatické neutrality v roce 2050 bude výrazně ovlivňovat regulatorní prostředí v EU v mnoha oblastech. Vyjednávání o konečné podobě nicméně potrvá další rok až dva a další čas budou mít státy na implementaci do národní legislativy. Zároveň se do vyjednávání promítne i současná „energetická krize,“ kdy rapidně se zvyšující ceny plynu, elektřiny a emisních povolenek. Nárůst otevřel debatu o sociálních dopadech dekarbonizace[16]. Níže jsou stručně představeny hlavní změny, které návrhy směrnic[17]-[18] přinesly, přičemž důraz v tomto textu je kladen na sledovaný sektor budov.

V rámci reformy systému **obchodování s emisními povolenkami** byl představen návrh na **rozšíření tohoto systému na další dosud nezahrnuté sektory včetně sektoru budov, které ale budou fungovat samostatně[19].** Již nyní je elektřina ze sítě a dálkové teplo zatíženo platbou za emisní povolenky. To staví ostatní zdroje v budovách do výhodnější pozice. Komise tak svým návrhem sleduje určité narovnání prostředí. Povolenky by museli nakupovat například dodavatelé plynu nebo prodejci uhlí, kteří by jejich cenu promítli do ceny plynu, resp. uhlí. Návrh dále počítá se **zvýšením lineárního redukčního faktoru** – klesne tedy množství povolenek, které jsou každoročně emitovány, dále s **povinným využitím všech výnosů z prodeje povolenek na další snižování emisí a rozvoj OZE** (nyní je to 50 % výnosů), a nově se počítá i s **vytvořením Klimaticko-sociálního fondu**, který má kompenzovat možné sociální dopady navržených změn.

Reforma směrnice o obnovitelných zdrojích přinesla zejména návrh na **navýšení cíle celkového podílu OZE na hrubé konečné spotřebě EU na 40 %;** stanovení nezávazného cíle pro rok 2030, který bude v souladu s celoevropským cílem nejméně 49% podílu obnovitelné energie z energie využívané pro zajištění komfortu v budovách; dále roční závazné zvyšování podílu obnovitelných zdrojů v sektoru vytápění a chlazení o 1,1 procentního bodu na národní úrovni; nezávazný cíl zvyšování podílu obnovitelné energie a odpadního teplo a chladu v systémech dálkového vytápění a chlazení o 2,1 % ročně (navýšení z aktuálního 1,1 %) a nový nezávazný cíl meziročního zvýšení spotřeby energie z obnovitelných zdrojů v průmyslu o 1,1 procentního bodu.

Pokud jde o ohlášenou *Vlnu renovací* budov, nejdůležitější jsou směrnice o energetické účinnosti a směrnice o energetické náročnosti budov. Mezi jeden z hlavních návrhů v rámci revize EED patří

[16] https://www.euractiv.com/section/energy/news/eu-energy-talks-dissolve-over-carbon-green-finance-fights/
[17] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#documents
[18] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_6683
[19] https://www.euractiv.com/section/transport/news/eu-split-on-proposals-to-extend-carbon-pricing-to-road-transport-ban-polluting-cars/

rozšíření povinnosti renovovat podle čl. 5 (nově čl. 6) EED nejen budovy ústředních vládních institucí, ale všechny budovy ve veřejném vlastnictví. Ročně se má renovovat ekvivalent 3 % jejich podlahové plochy, a to do úrovně NZEB (tedy do úrovně, se kterou se počítá pro novostavby, což může být problematické a bude o tom dále jednáno na vládní i evropské úrovni). Zároveň je v návrhu i přímo cíl na každoroční **redukci konečné spotřeby energie o 1,7 % ročně ve veřejném sektoru**. EED dále přináší návrh na **navýšení cíle snižování spotřeby (čl. 3, nově 4) na 36-39 %** (v současnosti 32,5 %) a především návrh na **navýšení ambice v rámci schématu povinných úspor (čl.7, nově 8): z 0,8 % úspor ročně na 1,5 % od 1. 1. 2024** a to včetně nově nemožnosti započítat úspory z nově instalovaných plynových kotlů (veškerých kotlů na fosilní paliva).

V prosinci 2021 pak v rámci druhé části balíčku došlo i k představení revize EPBD. Vedle snižování energetické náročnosti víc prostoru dostává i snižování emisí, což je v souladu s celým snažením o dekarbonizaci a balíčkem Fit-for-55. **Nové budovy mají být od roku 2030 stavěny v „bezemisním standardu** (zero-emission building), tedy vysoce efektivní budovy, které v ročním souhrnu vyrobí alespoň to samé množství primární energie, které budova spotřebovává. Jedná se tedy spíš o princip offsettování. A to buď „on-site" – na budově, v jejím bezprostředním okolí, nebo skrze společenství výrobců a distributorů obnovitelné energie nebo skrze efektivní CZT využívající OZE. K nastartování renovací těch energeticky nejméně úsporných budov má **vést zavedení minimálních energetických standardů (MEPS) pro všechny typy budov**. Již nyní takové standardy fungují – v rámci čl. 5 EED se renovují nevyhovující budovy, a každá větší změna dokončené budovy musí být provedena v nákladově optimální úrovni. Návrh se týká budov v nejhorších energetických třídách, které budou muset do roku 2030 své zatřídění zlepšit. Inspirací jsou obdobné politiky například v Nizozemí, kde po roce 2023 půjde pořídit nebo pronajmout kancelářskou budovu pouze pokud bude v energetické třídě C a lepší[20], nebo v Británii, kde budou takovéto standardy nabíhat i pro nájemní bydlení, kdy nepůjde pronajmout prostory v nejhorších energetických třídách.[21] Regulace má být podpořena dostupným financováním, které má motivovat k **hlubokým renovacím, které jsou nově definované jako renovace do NZEB standardu do roku 2030 a po roce 2030 jako renovace do „bezemisního standardu**". Od konce roku 2025 má podle návrhu dojít k celoevropské **harmonizaci průkazů energetické náročnosti** a změny dozná i zatřídění budov, kdy „A" má odpovídat bezemisním budovám. V neposlední řadě má dlouhodobou strategii renovací má nahradit na cíl více orientovaný **akční plán.**

Vyjednávání o představených vzájemně provázaných návrzích bude na programu během celého roku 2022. Zkušenosti z předchozích balíčků ukazují, že na evropské úrovni by mohlo být finalizováno v roce 2023. Další rok až dva většinou zabere transpozice do národní legislativy.

Jak bylo uvedeno výše, vývoj bude jistě ovlivněn i směřováním finančních prostředků. Na klimatické cíle má jít 30 % z evropského rozpočtu a 37 % z Fondu obnovy[22]. A i na poli soukromých prostředků se předpokládá jejich směřování tímto směrem. **Evropská Taxonomie definovala podmínky, podle**

[20] https://energypost.eu/eu-buildings-renovations-get-ready-for-minimum-energy-performance-standards-meps/
[21] https://www.360-energy.co.uk/services/meps-minimum-energy-performance-standards/
[22] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1659

kterých mají být posuzovány investice v 6 oblastech, tak aby investice mohly být označeny jako „zelené."

V dubnu 2021 byly vydány finální verze podmínek[23] pro oblast Mitigace a Adaptace, které se věnují i sektoru stavebnictví a budov. Podle těchto kritérií tak například novostavby musí být o 10 % ve spotřebě neobnovitelné primární energie lepší než národní standard pro NZEB.

Trend je tedy jasný. Snižování spotřeby energie a emisí a využití obnovitelných zdrojů jsou politiky, ve kterých má co říct i sektor stavebnictví a budov. Pasivní a environmentálně šetrné budovy do tohoto konceptu jasně zapadají, byť ani nový návrh EPBD neznamená, že by výstavba odpovídala pasivnímu standardu.

EPBD obecně vede evropské státy k větší iniciativě v oblastech podpory:

- energeticky efektivních opatření,
- obnovitelných zdrojů energie,
- rozvoji chytrých energetických systémů, sítí a lokálních akumulačních zásobníků,
- adaptace na klimatické změny, preventivním opatřením proti klimatickým extrémním situacím,
- udržitelného vodohospodářského managementu,
- změn vedoucím k rozvoji cirkulární ekonomiky",
- zlepšování biodiversity, „zelené" infrastruktury v územních celcích a snižovaní škodlivých polutantů.

Rozvoj pasivních domů je třeba podpořit nabídkou průběžně inovovaných a nových výrobků připravených pro automatizaci výstavby, která umožní zrychlení technologických postupů a instalaci navazujících technologií při výstavbě nových či změně již postavených budov.

Cílem je optimalizovat přípravu a zjednodušit výstavbu, která zlevní (při dodržení technické kvality) a umožní výstavbu celků s velmi nízkou potřebou energie. Tu bude v bilančním i operativním hodnocení možné z větší části pokrýt obnovitelnými zdroji energie.

Pasivní domy mají velmi kvalitní obálku, která umožňuje dosažení nízké potřeby energie. Stavební prvky a výrobky mají delší morální a fyzickou životnost (uvažovaná doba minimálně 30 let), nežli je tomu u technologických zařízení – zdrojů energie, distribučních a předávacích soustav (uvažovaná doba až 20 let), (inteligentní) měření a regulace. Z tohoto důvodu, aby byla opodstatnitelná investice do stavební části, je nutné podpořit systémové plánování výměny energetických zdrojů, distribučních soustav, tak aby nedocházelo k poškození prvků a konstrukcí s delší dobou životnosti, které mají vliv na potřebu energie.

[23] https://ec.europa.eu/info/law/sustainable-finance-taxonomy-regulation-eu-2020-852/amending-and-supplementary-acts/implementing-and-delegated-acts_en

Technická zařízení budov, včetně měření a regulace, se v posledních letech velmi rychle rozvíjí. Což je třeba zohledňovat již při návrhu stavby a plánování potřeby technického zázemí zdrojů a akumulace energie, stejně jako tras distribučních soustav.

2.5.3. Česká energetika v oblasti úspor energie (v budovách)

Česká energetická politika evropský vývoj reflektuje na koncepční úrovni ve své Státní energetické koncepci[24] (SEK) z roku 2015, jejímiž vrcholovými strategickými cíli jsou **bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost.** Do všech těchto cílů pak zapadá v **pořadí druhá strategická priorita SEK – úspory a účinnost.** Na poli strategických dokumentů řešil oblast energetických úspor *Národní akční plán energetické účinnosti (NAPEE)*[25] a později *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu*[26]. Tyto dokumenty stanovily pro ČR jak orientační cíl podle čl. 3 EED, tak závazný cíl podle čl. 7 EED a přibližují řadu opatření, která mají napříč sektory průmyslu, dopravy, služeb, veřejného sektoru i sektoru budov a domácností, vést k naplnění cíle.

Součástí *Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu* je podle článku 2a EPBD i Dlouhodobá strategie renovací, která vyčísluje potenciál úspor energie a emisí v sektoru budov v rozdělení na bytové domy, rodinné domy a nerezidenční budovy. Při důkladných renovacích přibližně 3 % podlahové plochy ročně by bylo podle dokumentu možno dosáhnout do roku 2050 snížení roční spotřeby energie v sektoru budov **o více než 166 PJ**, tj. o více než 44 %. Ministerstvo si nicméně zvolilo méně ambiciózní scénář, který počítá **s úsporou 89 PJ**[27] (24 %). Hlavním nástrojem plnění jsou programy podpory zaměřené na renovace budov (viz níže).

V květnu 2021 předložilo MPO na vládu devátou *Zprávu o pokroku v oblasti plnění vnitrostátních cílů energetické účinnosti v České republice*, ve které hodnotí aktuální plnění národních závazků vyplívajících z EED do roku 2020.

[24] http://www.mpo.cz/dokument158059.html
[25] https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/narodni-akcni-plan-energeticke-ucinnosti-cr--150542/
[26] https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu--252016/
[27] https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategicke-dokumenty/dlouhodoba-strategie-renovaci-budov--255200/

Tabulka 2 - Cíle a závazky ČR do roku 2020

Cíle a závazky ČR do roku 2020		
článek 3 (nezávazný cíl)	**článek 5 (závazný cíl)**	**článek 7 (závazný cíl)**
Konečná spotřeba energie: 1 060 PJ Spotřeba primární energie: 1 855 PJ	Konečná úspora energie: 98,7 TJ	Roční úspory energie: 51,1 PJ Kumulované úspory: 204,4 PJ
Zhodnocení plnění cílů a závazků ČR v období 2014 – 2020 k 18.3. 2021*		
Konečná spotřeba energie: 1 057 PJ 100 %	Konečná úspora energie: 97,1 TJ 98 %	Roční úspory energie: 44,5 PJ 87 %
Spotřeba primární energie: 1 679,5 PJ 110 %		Kumulované úspory: 138,1 PJ 68 %

Zdroj: MPO (2021): 9. zpráva o pokroku v oblasti plnění vnitrostátních cílů energetické účinnosti v České republice.
** Poslední známá data o spotřebě energie jsou za rok 2019.*

Z tohoto dokumentu lze vyčíst, že se **České republice obecně daří naplňování indikativního cíle v rámci čl. 3 EED** a v oblasti spotřeby konečné i primární energie tento cíl s největší pravděpodobní bude překonán. **Splněn bude pravděpodobně i cíl povinných úspor z renovace budov ústředních vládních institucí**. Naopak **dlouhodobě se České republice nedaří naplňovat cíle dle čl. 7**. ČR si zde zvolila cestu alternativního plnění cíle, která sestává převážně z řady finančních nástrojů, tj. investičních a neinvestičních dotací a regulací s cílem motivovat soukromé, ale i veřejné subjekty k realizaci opatření zaměřených na snížení spotřeby.

Nejvýznamnějšími nástroji, které ČR využívá, jsou investiční dotace v programech Nová zelená úsporám (NZÚ), Integrovaný regionální operační program (IROP), Operační program životní prostředí (OPŽP) a Operačního program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OPPIK). Tyto programy, resp. jejich právě připravované nástupnické varianty spolu s Modernizačním fondem[28], budou s největší pravděpodobností nejvýznamnějším nástrojem pro plnění cílů i v období 2021 až 2030. Nyní, na konci roku 2021, je ale jasné, že i toto nové období bude mít zpoždění se spuštěním navazujících výzev. Všechny stávající programy kromě NZÚ vyčerpaly své alokace během rekordního roku 2020 a doposud v operačních programech nové výzvy nebyly ani oznámeny. Situaci zkomplikovalo spouštění výzev z Národního plánu obnovy, které se snaží primárně pokrýt ty projekty, na které se nedostalo ve stávajícím období, a jejichž alokace se musí vyčerpat nejdřív.[29]

Pro rok 2030 si ČR podle čl. 3 revidované EED určila za cíl dosažení spotřeby primárních energetických zdrojů na úrovni 1 735 PJ, konečné spotřeby na úrovni 990 PJ a energetické intenzity HDP na úrovni 0,157 MJ/Kč. Podle čl. 5 má dále být dosažen cíl 124 TJ úspor v budovách ústředních institucí. **Závazný cíl podle čl. 7 potom znamená 462 PJ kumulovaných úspor, tj. 8,4 PJ nových úspor ročně** – ještě více než v současném období. Plnění tohoto závazku bude pro ČR bezpochyby výzva, k jejímuž plnění by mělo pomoci i takřka bezprecedentní množství finančních

[28] https://www.mzp.cz/cz/modernizacni_fond
[29] https://www.mzp.cz/cz/news_20211116_Verejne-budovy-usetri-na-energiich-MZP-posila-3-miliardy-korun

prostředků, které bude moci ČR využít. Vedle již zmíněného nového evropského rozpočtu, ze kterého jsou financovány zmíněné operační programy, a Fondu obnovy, půjde ještě o Modernizační fond a Fond spravedlivé transformace, které stejně jako Nová zelená úsporám využívají výnosy z emisních povolenek. Většina těchto programů pak podporuje i renovace a výstavbu budov.

3. NÁSTROJE

3.1. Proveditelnost a strategie

3.1.1. Úprava platných norem a legislativy

- rozvoj územního plánování – „nová“ Politika územního rozvoje - Metodiky MMR směrem ke StÚ, posuzování udržitelnosti v rámci stavebního řízení – uvést reálně do praxe,
- změna v kontrole provádění a stanovení odpovídajících sankcí či odstranění stavby, pokud dojde k porušení předepsaných postupů (schváleného projektu). Stanovení odpovědné osoby, která bude odpovídat za kvalitu a provedení od začátku projektových prací do ukončení realizace stavebních prací (viz německý způsob odpovědnosti projektanta),
- umožnění aplikace opatření vedoucí k úsporám energie i v památkově chráněných objektech, památkových zónách a ochranných pásmech městských památkových rezervací a jiných historicky cenných stavbách prostřednictvím spolupráce s orgány památkové ochrany,
- znovu otevření a uvedení v životaschopnost dokument daňové reformy a další finanční nástroje (sjednocení dotačních titulů a možnost zapojení komerčního způsobu financování).

3.1.2. Zviditelnění a popularizace dobrovolných nástrojů

- EMAS (Systém environmentálního řízení a auditu),
- dobrovolné dohody s developery,
- výstavba z veřejných prostředků bude splňovat dosažitelný energetický standard s ohledem na dodržení principů udržitelné výstavby,
- státní správa (OPŽP, SFŽP, SFRB, SMO ČR…).

3.1.3. Technická proveditelnost

Mezi technickou proveditelností a ekonomickou potřebou je častý rozpor. Je nezbytné stanovit vhodné/nevhodné postupy a detaily a jejich akceptovatelnost pro další výstavbu.

3.1.4. Doporučení strategie

- rozvoj vzdělávání na všech úrovních (předškolní, základní, odborné středoškolské a vysokoškolské, další celoživotní vzdělávání),
- rozvoje vědy a výzkumu pro energetická řešení stávajících a nových urbanistických celků,
- vhodné hodnotící metodiky (sjednocení dosavadních způsobů hodnocení) a jasná pochopitelnost předaných informací konečnému uživateli,
- pro úpravu metodiky tvorby akčních a rozvojových plánů urbanistických celků a celkové koncepce České Republiky,
- nové územní celky – plánování celků energeticky úsporných budov a jejich napojení na nové alternativní a obnovitelné zdroje (v dané lokalitě – energetická soběstačnost), hospodaření s vodou a podpora „čisté“ mobility a dalších aspektů týkající se udržitelné výstavby,
- stávající území – snížení potřeby energie na vytápění, chlazení a teplou vody v hodnou změnou stavby (rekonstrukcí) na budovu s velmi nízkou potřebou energie pro zajištění požadované kvality vnitřního prostředí nebo pasivní standard,
- energetické zdroje vhodné pro energeticky úsporné budovy s ohledem na primární energii, lokální a globální znečištění ovzduší skleníkovými plyny,
- pro akumulaci a distribuci lokálně vyrobené či rekuperované energie v územních celcích. Priority vědy, výzkumu a dalšího vývoje.

3.2. Vývoj vzdělávacích programů

3.2.1. Stávající stav

Pro svou aktuálnost je nezbytné, aby se témata zdravého vnitřního prostředí, ochrany neobnovitelných zdrojů (materiálů, energie), staveb s velmi nízkou potřebou energie a odůvodněnou instalací obnovitelných zdrojů energie na tomto typu staveb, cíleně a atraktivními metodami vyučovala na všech vzdělávacích stupních již od základního školství.

V současnosti je uplatnění principů definovaných pro pasivní standard staveb (novostaveb/změn stávajících staveb), jejich návaznosti na možnosti lokální výroby a distribuce energie vyučována v roztříštěné podobě převážně pouze vysokých školách. Z realizace projektů Technologické platformy II. vyplývá, že výuka na odborných školách (SŠ, VOŠ a VŠ) nepokrývá dostatečně celé ročníky nebo má pouze charakter volitelných předmětů. Na nižších vzdělávacích stupních škol se s problematikou, až na výjimky, studenti neseznamují vůbec nebo jen zcela okrajově. Důsledkem je chybějící požadavek školních osnov a nesystémové zapojení pedagogů v rámci jejich vzdělávání. Absolventi technických oborů se s problematikou často seznamují teprve na konkrétních návrzích nebo až při vlastní realizaci.

3.2.2. Cíle

- Zavedení vzdělání o pasivních a dalších stupních energeticky úsporných domů na všech stupních technických středních a vysokých škol. Osvojené poznatky připraví absolventa pro stavební praxi.
- Modifikovat studijní programy stavebních učilišť a integrovaných středních škol, tak aby jejich absolventi získali znalosti a řemeslné dovednosti, které jim v praktických činnostech umožní aplikovat moderní technologie využívaných v pasivních domech.
- Zařadit do studijních programů středních průmyslových odborných škol studijní látku s tématem pasivních budov a energeticky soběstačných územních celků. Absolventi získají poznatky, které jim jako středně technicky vzdělaným odborníkům usnadní vstup do profese v oblastech energeticky úsporného navrhování staveb a v dalších činnostech, které jsou v investiční výstavbě svázány s pasivními domy. Zviditelnit globální přínosy (snížení závislosti na zdrojích energie na úrovni státu, snížení dopadů na životní prostředí, zajištění zdravotně nezávadného vnitřního mikroklimatu budov, vliv adaptace budov na změny klimatu).
- V rámci inovace akreditovaných vysokoškolských studijních programů zavést do předmětů teoretického základu, urbanistického, architektonického a konstrukčního navrhování témata zaměřená na problematiku pasivních domů. Takto připraveni absolventi vysokoškolských vzdělávacích stupňů se rutinním způsobem naučí navrhovat energeticky efektivní budovy a jejich napojení na obnovitelné zdroje energie a další alternativní systémy nebo řídit a kontrolovat jejich výstavbu.
- V procesu celoživotního vzdělávání se zaměřit na prohlubování vědomostní základny u pracovníků působících v praxi v oblasti energeticky úsporných domů.

3.2.3. Aktivity

3.2.3.1 Školské vzdělávání

Základní školy

Vliv budov na člověka a potřeba energie pro zajištění odpovídajícího zdravého vnitřního prostředí. Vlivy spotřeby stavebních materiálů, budov, výroby a spotřeby energie nejsou v osnovách výuky začleněny.

Cíl:

- začlenit vliv budov (zdrojů materiálů a energie) na zdraví člověka a životní prostředí do osnov výuky,
- vybudovat zvýšený zájem o technické obory (budovy, zdroje materiálů a energie) – učňovské, středoškolské.

SOU a SPŠ stavební

Na učňovských oborech se problematikou energeticky úsporných budov až na výjimky nezabývají.

Na středních školách není problematika energeticky úsporných budov vyučována, přestože nároky kladené na absolventy (mistry, stavbyvedoucí apod.) jsou právě u těchto staveb vysoké, zejména na provádění a následnou kontrolu na stavbě.

Cíl:

- rozšíření stávající výuky,
- zavedení problematiky do vzdělávání.

VOŠ a VŠ

V rámci Platformy pasivních domů II byla snaha podpory zavedení výuky budov s velmi nízkou potřebou energie do středních škol a nadstavbových výukových programu. Studijní programy byly zavedeny na třech VOŠ (Praha Dušní, Volyně, Vysoké Mýto). Vzhledem ke snadnému přijetí na VŠ není o studijní programy VOŠ zájem ze strany studentů a tím nejsou dlouhodobě budovány (s ohledem na ekonomickou situaci) ani podmínky pro jejich rozvoj vedením škol.

Vysoké školy – program, plán výuky. Fakulta stavební ČVUT je první univerzitou v zemi, kde studenti architektury absolvují závěrečnou práci v pasivním energetickém standardu. Aktivity je třeba i nadále podporovat, zviditelňovat a propojovat je s aktivitami členů technologické platformy.

Cíl:

Nové odbornosti:

- stavební fyzika (konstrukční detaily, vliv aplikace prefabrikovaných dílců, vliv zakomponování obnovitelných zdrojů energie),
- TZB se specializací na velmi malou spotřebu energie (vytápění, chlazení, TUV, elektřina) a návrh OZE,
- uskladnění a lokální distribuce vyrobené energie z obnovitelných zdrojů pasivních staveb či budov s velmi nízkou potřebou energie,
- modelování vlivu budovy vč. územního plánování (zhodnocení možností území a optimalizovanému návrhu budovy, rozvoje území a zajištění jeho energetické bezpečnosti).

Rozšíření stávající výuky:

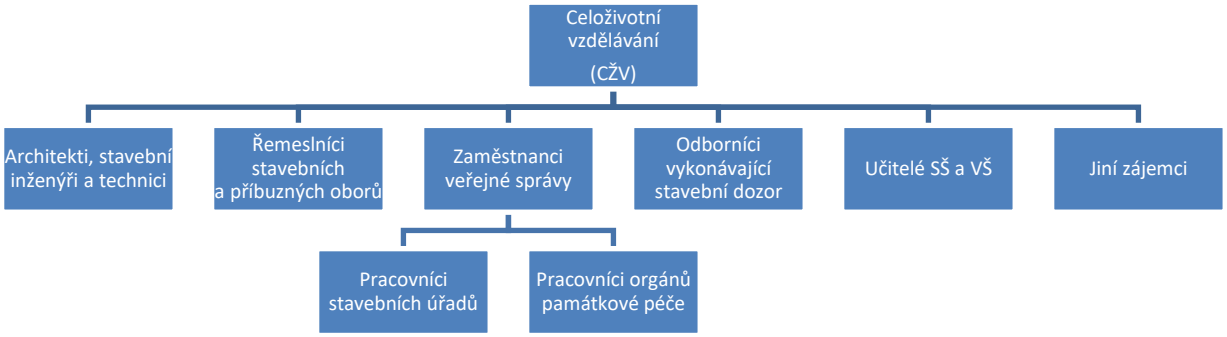
- práce v týmech – integrované navrhování,
- víceleté týmové projekty,
- propojení výuky v rámci technických fakult,
- zapojení výsledků univerzitních výzkumných center do výukových materiálů,
- ekonomika výstavby/změny stavby s ohledem na celoživotní cyklus a dopady pro budoucí provoz a vysvětlení pojmů (hypotéka + náklady na energii),

- přenos komplexních znalostí dopadů budov na člověka (počet hodin strávených v budovách, zdravotní dopady, užívání neobnovitelných zdrojů materiálů a energie – agenda udržitelného rozvoje),
- zkušenosti z praxe.

3.2.3.2 Celoživotní vzdělávání

Důležitou podporou vzdělání je celoživotní přijímání nových poznatků a jejich praktické uplatnění. Prostředkem je systém, který bude pokrývat odborníky v aktivním uplatnění poznatků při navrhování a realizaci pasivních domů.

Obrázek 1 - Zapojení do programu celoživotního vzdělávání v oblasti pasivních domů a dalších kategorií energeticky úsporné výstavby



Zdroj: UCEEB

3.2.3.3 Celoživotní vzdělávání členů ČKAIT, ČKA a AES

Cílovou skupinou vzdělávání jsou autorizovaní inženýři, architekti a technikům (členové České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě – ČKAIT; a České komory architektů - ČKA) podílejících se na navrhování a provádění pozemních staveb. K vybraným činnostem ve výstavbě patří projektová činnost (navrhování staveb) a vedení stavby (stavbyvedoucí).

Cílovou skupinu představují osoby autorizované v oborech a specializacích:

- pozemní stavby (ČKAIT),
- technika prostředí staveb (ČKAIT),
- technologická zařízení staveb (ČKAIT),
- zkoušení a diagnostika staveb (ČKAIT),
- VP (A0) – Autorizace se všeobecnou působností (ČKA),

- A (A1) – Obor architektura (ČKA),
- AES – asociace energetických specialistů.
- Asociace energetických auditorů a energetických specialistů

Při vzdělávání je doporučené využít znalostí ze zkušeností ze zahraničí.

Cíl:

- průběžné programy školení pro cílové skupiny se zaměřením na navrhování staveb,
- průběžné programy školení pro cílové skupiny zaměřené na posouzení a optimalizaci,
- průběžné programy školení pro cílové skupiny se zaměřením na provádění staveb (stavbyvedoucí, technický dozor investora, stavební firmy).

3.2.3.4 Vzdělávání řemeslníků

Cílovou skupinou vzdělávání jsou řemeslníci, kteří se podílejí na výstavbě budov, a to především ti, jejichž výkon ovlivňuje energetickou náročnost budov. Pasivní stavby kladou vysoké nároky na kvalitu provedení.

Profesní vzdělávání řemeslníků je převážně realizováno většími stavebními společnostmi, které tato školení realizují pro své zaměstnance. Zájem řemeslníků o nezávislé vzdělávání je na nízké (až na výjimky nulové) úrovni. Jedním z důvodů je nedostatek řemeslníků na trhu práce.

Cíl:

- motivovat řemeslníky k účasti na vzdělávacích seminářích ve spolupráci s členy TP, jako nositeli know-how, jejichž cílem je kvalitní zpracování a zabudování výrobků a technologií,
- proškolení cílové skupiny se zaměřením na dílčí profese při provádění staveb a návazností na zdroje energie, distribuční prvky a soustavy. V rámci projektu Platforma pasivních domů III byly organizovány vzdělávací kurzy pro řemeslníky přímo na stavbě. Největší ohlasy byly mezi elektroinstalatéry, kteří při své práci nejčastěji používají prostupy mezi jednotlivými teplotními zónami objektů a jejich vzduchotěsnou rovinou. Zájem byl u OSVČ a firem do 10 zaměstnanců.

3.2.3.5 Zástupci veřejné správy

Cílovou skupinou jsou zaměstnanci veřejné správy, které je třeba průběžně informovat o trendech a možnostech vedoucí k hospodárnému vynakládání s veřejnými financemi při zadávání veřejných zakázek, při rozvojových plánech (záměrech) územních celků a správě majetku.

Cíl:

- úprava regulativů – požadovat zohlednění energeticky úsporných staveb a rozvoj území směrem k energetické soběstačnosti (včetně využití instalace obnovitelných zdrojů energie a dalších alternativních systémů) s ohledem na celoživotní cyklus,
- zpřístupnění metodiky účinné kontroly projektové dokumentace při územním/stavebním řízení, kontrola na stavbě a při předávání stavby,
- zadávání veřejných zakázek – zohledňovat ekonomické hodnocení investice s ohledem na celoživotní cyklus plánované stavby,
- zajištění informačních a osvětových kampaní do vzdělávání veřejných osob a široké veřejnosti.

3.2.4. Oblast vědy a vývoje

- oblast vědy a vývoje se týká především terciárního stupně vzdělání, tzn. vysokých škol,
- soustředí se na doktorské studijní programy, v jejichž rámci budou vypisována témata se zaměřením na pasivní domy, popř. energeticky aktivní domy na základě potřeby energie splňující požadavky pro pasivní standard,
- na univerzitách je potřebné vytvořit podmínky, které umožní, aby se akademičtí pracovníci v oblasti tvůrčích činností ucházeli u grantových agentur o získání projektů spojených s náplní energeticky úsporných – pasivních domů a pokrytí potřebné energie z obnovitelných zdrojů,
- témata energeticky úsporných domů (pasivních, nulových, plusových domů) budou rovněž námětem spolupráce vysokých škol s výzkumnými ústavy,
- věda a výzkum v oblasti pasivních domů je nutno přenést i do bilaterální nebo multilaterální spolupráce se zahraničními vysokými školami. Zde se otevírá možnost tvůrčí činnosti především s univerzitami, kde v oboru pasivních domů bylo dosaženo nejlepších výsledků, tzn. v Rakousku, Německu, Švýcarsku a dále Skandinávkých zemích.

Během TP se spolupráce se zahraničními univerzitami s ohledem na rozdíly ve výukových osnovách nepodařilo navázat.

V roce 2022, Centrum pasivního domu bude realizovat projekt s NATURAL BUILDING LAB - chair of constructive design and climate adaptive architecture, Technische Universität Berlin.

3.3. Stavební prvky, materiály, unifikace a typová řešení

3.3.1. Stavební prvky, konstrukce, komponenty a zařízení

Souhrn stavebních materiálů, prvků, komponentů a zařízení

Materiály, prvky, komponenty a zařízení, které mají vliv:

- na parametry obálky budov,

- vnitřní technologie ovlivňující pasivní/nulový/plusový standard pozemních staveb,
- na parametry vnitřního prostředí (teplotní stabilitu prostoru, vlhkostní mikroklima, kvalitu vzduchu v interiéru, neprůvzdušnost, apod.),

jak novostaveb, tak i rekonstrukcí byly v předchozích projektech platformy pasivních domů mapovány zejména v rámci území ČR, s přihlédnutím k potencionálu vlastního vývoje, regionální zaměstnanosti, s možnostmi vývozu know-how do zahraničí a posílení exportní politiky ČR. Dále byly pro jednotlivé skupiny stanoveny priority a časová osa výzkumu.

Stavební prvky, konstrukce a komponenty jsou často řešeny jako dílčí záležitost, která při výstavbě nových či změně stávajících staveb vede k rozdílné kvalitě zabudování do konstrukcí, delší době výstavby a závislosti na odborné kvalitě řemeslného provedení.

Trh práce v posledních letech naráží na nedostatek pracovníků ve stavebnictví obecně. V roce 2008 odešlo ze stavebního sektoru více jak 50.000 zaměstnanců (údaje ČSÚ), kteří se do tohoto odvětví nevrátili. První vlna pandemie se projevila na odchodu zahraničních pracovníků ze zemí bývalého Sovětského svazu.

Na základě tohoto faktu je nutné iniciovat výzkumné a vývojové projekty, které umožní budoucí automatizaci výstavby nahrazující chybějící nedostatek odborných pracovníků a obor zatraktivní pro technické odborníky. Automatizace výstavby nových a změn stávajících staveb je třeba navázat na moderní projekční a návrhové nástroje (např. BIM), a další zajištění kontrolu realizace a období užívání budovy (např. v podobě energetické managementu).

3.3.2. Příprava prefabrikátů umožňujících jednoduché zakomponování a odstranění ze stavební konstrukce

Prefabrikace konstrukcí zažívá v posledních letech v ČR renesanci (po jejím utlumení po roce 1989). Důvodem je stavební boom posledních několika let a s ním spojený požadavek na zvýšení výkonu stavební produkce a nedostatek pracovních sil ve stavebnictví související s rekordně nízkou domácí nezaměstnaností, a zároveň uvolnění pravidel pro zaměstnávání pracovníků z východní Evropy v zemích na západ od ČR (za atraktivnějších podmínek, než mohou nabídnout domácí firmy). Dopady na dostupnost kvalifikovaných pracovních sil bude mít také pandemie COVID-19. V jejím důsledku roste nezaměstnanost, a tedy se teoreticky zvyšuje dostupnost pracovní síly pro stavebnictví, na druhou stranu teoreticky nově dostupní pracovníci jsou z jiných oborů než stavebnictví. Zároveň s tím se skokově snížila dostupnost pracovníků z východní a jihovýchodní Evropy, kteří se v důsledku pandemie vrátili do svých vlastí a není jasné, jestli a zda se opět vrátí na české stavby.

Důsledkem nejistoty ohledně dostupnosti pracovní síly je snaha napříč průmyslovými odvětvími mít pokud možno co nejméně zaměstnanců, čehož lze dosáhnout pomocí prefabrikace konstrukčních dílů a celků, která je doprovázena automatizací a robotizací výroby.

Trend prefabrikace je podpořen technologickým vývojem – stále více se zavádí polo - či plně automatizované linky, které jsou běžnější a dostupnější. Čím dál běžnější je digitální navrhování s využitím BIM a následná možnost napojení CAD systémů na výrobní stroje (CAD/CAM rozhraní). Tradiční stavební výroba tak postupně přechází na model strojírenského průmyslu, kdy se jednotlivé konstrukční dílce vyrábí za kontrolovaných podmínek pomocí standardizovaných nástrojů a systémů kontroly kvality ve výrobních halách, a až jako celky se osazují na stavbě.

Automatizaci a robotizaci se podrobněji věnuje následující kapitola.

Prefabrikace ve stavebnictví obecně má své výhody a nevýhody, které přehledně shrnuje například Designing Buildings Wiki.

Mezi výhody patří:

- možnost paralelní výroby více stavebních dílců ve výrobním závodě za standardizovaných podmínek,
- menší výrobní tolerance,
- kvalita zpracování,
- výroba nezávislá na klimatických podmínkách,
- větší objem výroby a možnost dosažení příznivějších dodavatelských cen,
- specializace jednotlivých úkonů a tím nižší požadavky na pracovní sílu,
- méně stavebního odpadu,
- lepší pracovní podmínky a vyšší bezpečnost práce.

Nevýhody jsou:

- náročnější doprava na stavbu a rozměrové omezení z dopravy vyplývající,
- možnost omezení výstavby kvůli dopravním omezením v centrech měst,
- vícenáklady spojené s přepravou dílců, kdy je třeba zabránit jejich poškození (statický návrh pro přepravu, dodatečné balení, kotvení, přepravní rámy atd.),
- vyšší požadavky na řešení detailů, složitější návaznosti jednotlivých dílců,
- vyšší požadavky na rozměrové tolerance,
- nutnost důkladnějšího a včasného plánování výroby a často omezená možnost pozdějších klientských změn,
- potřeba konstantní poptávky, aby bylo možné maximálně vytížit strojní vybavení,
- rozdílný přístup ke garancím za jednotlivé části stavby, které je nutno ošetřit – část profesně specializovaných instalací se dělá ve výrobní hale, část na stavbě realizují rozdílné čety.

Prefabrikaci ve stavebnictví lze rozdělit na prefabrikaci jednotlivých komponent a celých staveb, dále je možné dělení na 1D prvky (například sloupy, průvlaky), 2D prvky (například stěny obvodového pláště, stropní desky) a 3D prvky (například koupelnová jádra, technologické celky). Prefabrikace lze využít jak pro novostavby , tak pro rekonstrukce.

3.3.3. 1D prefabrikace

Prefabrikace lineárních prvků (1D) je typická pro železobetonové konstrukce. Pro segment pasivních domů se železobetonové konstrukce dají s výhodou použít zejména pro nosné konstrukce, výhodné jsou pro vícepodlažní konstrukce s požadavkem na variabilitu dispozic. Mezi hlavní trendy zde patří digitalizace výroby (zkrácení cesty od projektanta na výrobní linku), hledání úspornějších materiálových alternativ (vysokohodnotné betony) a hledání efektivních řešení styků jednotlivých dílců.

Příkladem 1D prefabrikace na bázi dřeva jsou různé kompozitní nosníky a vazníky – například I-profily s masivními pásnicemi a stojinami z méně mechanicky únosných materiálů (typicky dřevovláknité desky či OSB, ale i tenkoprofilový kov či sklo). Pro konstrukce střech s tepelně-izolačními požadavky se objevují hybridní prvky s pásnicemi z tepelně-izolačního materiálu, například profily Iso3 firmy Moelven.[30]

[30] „Iso3 - Skumisolert trestender", Moelven, 3, viděno 9. červenec 2020, https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/.

Obrázek 2 - Příklad experimentální výstavby optimalizovaného železobetonového skeletu s vylehčenými prvky



Zdroj: UCEEB

Příklad experimentální výstavby optimalizovaného železobetonového skeletu s vylehčenými prvky na ČVUT-UCEEB. Systém využívá vylehčené stropní dílce a vysokopevnostní beton, který umožňuje výrazné zeštíhlení nosných sloupů tak, že mohou být integrovány do lehkého obvodového pláště budovy (v tomto případě na bázi dřevěných panelů). Železobetonovou konstrukci vyrobila firma ŽPSV ze skupiny OHL a experimentální opláštění z panelů na bázi dřeva nainstalovala firma RD Rýmařov.

3.3.4. 2D prefabrikace

Oblast 2D prefabrikace se v posledních letech znatelně rozvíjí s využitím různých materiálových bází. 2D prefabrikáty je možné rozdělit na nosné a nenosné prvky.

3.3.4.1 Nosné 2D prvky

Nosné 2D prvky je možné dále rozdělit na svislé a vodorovné. Mezi svislé nosné prvky patří vnější a vnitřní nosné stěny, mezi vodorovné konstrukce řadíme stropy a střechy.

Prefabrikované stěny je možné vyrobit z celé škály materiálů. Tradičním materiálem je železobeton, u kterého se řeší nové skladby sendvičových konstrukcí tak, aby bylo možné splnit náročné tepelně-technické požadavky. Moderní železobetonové stavby jsou podstatně více variabilní, než tomu bylo v minulosti a dostávají se i do menších staveb. Vývojem v posledních letech prošly i dřevěné nosné konstrukce, které se rovněž přizpůsobily aktuálním tepelně-technickým požadavkům přidáním dalších vrstev, sofistikovanějším řešením detailů a lepší kontrolou kvality související se zaváděním automatizace do výroby. Relativní novinkou jsou alternativy využívající různé druhy přírodních teplených izolací, například slámy (firma EcoCocon), ale i konopí či dřevovlákna. Je prostor pro nové materiály, které budou blízké přírodě, ale mechanicky, tepelně či chemicky modifikované.

Obrázek 3 - Výroba 2D dílců nosných stěn rodinných domů ve firmě RD Rýmařov využívající liniové výroby.



Zdroj: UCEEB

Výroba 2D dílců nosných stěn rodinných domů ve firmě RD Rýmařov využívající liniové výroby. Řada prvků je připravována automaticky na základě digitální výrobní dokumentace.

Rovněž stropní nosné konstrukce získávají nové alternativy v podobě nových kombinací materiálů (například spřažené dřevobetonové stropy) ale i v podobě integrace dalších funkcí (příkladem může být prefabrikovaný železobetonový strop vylehčený plastovými vložkami, které jsou do forem vkládány robotickým ramenem, s integrovanými rozvody topné vody pro tepelnou aktivaci konstrukce od výrobce Airdeck).

3.3.4.2 Nenosné 2D prvky

Nenosné 2D prvky mají využití jako vnitřní dělicí konstrukce, jako lehké obvodové pláště a jako systémy pro vnější zateplení nosných stěn.

U prefabrikovaných vnitřních dělicích konstrukcí je trend zvyšování flexibility dispozic, které vede na různé posuvné či snadno demontovatelné příčky. Dalším trendem je využití principů oběhového hospodářství, kdy je snaha uplatnit v těchto konstrukcí recyklované materiály a umožnit snadnou budoucí obměnu a zajistit další život materiálů pomocí jejich snadné separovatelnosti a recyklovatelnosti.

Materiálová základna se rozvíjí i u lehkých obvodových plášťů budov. Důraz je kladen na životnost, tepelně-technické vlastnosti, integraci obnovitelných zdrojů energie a nízkou uhlíkovou stopu. Příkladem takového řešení může být systém Envilop, který využívá nosný rám z LVL profilů, který je vyplněn dřevovláknitou tepelnou izolací, detaily oken jsou ošetřeny pomocí korkových desek v kombinaci se superizolacemi. Systém umožňuje snadnou integraci OZE.

Obrázek 4 - Základní skladba systému Envilop [31]



Zdroj: UCEEB

[31] „EnviLOP | Trvale udržitelný obvodový plášť budov", viděno 8. listopad 2020, http://www.uceeb.cz/envilop/.

Obrázek 5 - Integrace OZE a experimentální instalace LOP s nízkou uhlíkovou stopou Envilop.





Zdroj: UCEEB

Obrázek 6 - ELOP – Energeticky aktivní lehký obvodový pláš



Zdroj: UCEEB

ELOP – Energeticky aktivní lehký obvodový plášť – parapetní část integruje hybridní PV-T kolektor, vrchní část má speciální zasklení opticky selektivním odrazným rastrem, který pomáhá dostat denní světlo v zimě hlouběji do místnosti, naopak v létě snižuje solární zisky.[32]

[32] „Energeticky aktivní lehký obvodový plášť (ELOP)", UCEEB, 17. září 2015, https://www.uceeb.cz/projekty/energeticky-aktivni-lehky-obvodovy-plast-elop.

V nové Evropské komisi pod vedením Ursuly von der Leyen má významné postavení European Green Deal, který se zaměřuje na masivní úspory energie, ochranu klimatu a oběhové hospodářství. Důležitým prvkem příslušných strategií je výrazně urychlit tempo energetických sanací stávajícího fondu budov. Zdá se, že jedinou možností, jak nastavené požadavky v reálném čase splnit je ve velkém využít možnosti prefabrikovaných konstrukcí. Výhodou je, že velkou část evropského fondu budov tvoří poválečná výstavba, která je v jednotlivých zemích relativně unifikovaná, a je tedy možné nalézt technická řešení, která jsou v malých modifikacích využitelná pro velké množství budov. Na následujících fotkách jsou uvedeny příklady renovace řadových rodinných domů v Nizozemsku s využitím prefabrikovaných panelů s nosnou konstrukcí z dřevěných trámků. Ve všech případech se jedná o rekonstrukci na energeticky nulový standard, která zahrnuje integraci fotovoltaiky do střešních plášťů budov a výměnu původního zdroje tepla za tepelná čerpadla vzduch-voda nebo země-voda a instalaci strojního větrání s rekuperací tepla.

Obrázek 7 - Příklad energetické sanace řadových domů v Nizozemském Soersterbergu



Zdroj: UCEEB

Příklad energetické sanace řadových domů v Nizozemském Soersterbergu pomocí prefabrikovaných stěnových 2D dílců na bázi dřevěné sloupkové konstrukce. Vpravo ukázka dílců, které jsou na stavbu naskladněny z kamionu v podpůrných rámech a seřazeny tak, že se postupně odebírají a instalují na stavbu.

Obrázek 8 - Nizozemský příklad využití prefabrikovaných dílců pro renovaci budov na energeticky nulový standard



Zdroj: UCEEB

Nizozemský příklad [33] využití prefabrikovaných dílců pro renovaci budov na energeticky nulový standard. Vpravo čtyři renovované domy v různém architektonickém provedení fasád. Na pravém obrázku detail provedení styků zateplovacích panelů a návaznost na nové zádveří, ve kterém je ukryto tepelné čerpadlo se zásobníkem tepla.

Obrázek 9 - uliční pohled na dokončené domy



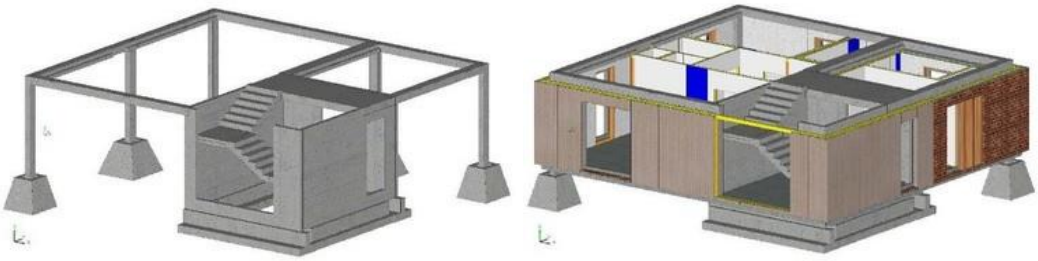
Zdroj: UCEEB

Vlevo uliční pohled na dokončené domy. Vpravo: součástí projektu jsou i nové přístavky, ve kterých se nachází vzduchotechnické jednotky s rekuperací, tepelná čerpadla (podle lokality buď vzduch-voda nebo země-voda) a akumulační zásobník na teplou vodu. Tepelné čerpadlo se napojí na trubky otopné soustavy a skrz stěnu v úrovni stropu přízemí projdou potrubí pro větrací a odpadní vzduch.

[33] „Stroomversn. Melick - 2.0 Architecten", viděno 9. červenec 2020, http://2.0architecten.nl/component/k2/item/225-stroomversnelling-melick.

Na pomezí 2D a 3D prefabrikace stojí konstrukční systém TiCo (Timber-Concrete) vyvinutý na ČVUT UCEEB ve spolupráci s firmami RD Rýmařov a ŽPSV. Tento systém kombinuje nosný železobetonový skelet s lehkým obvodovým pláštěm ze dřevěných panelů, 3D prefabrikáty v podobě instalačních jader (než se zaklopí stropy, osazují se koupelnová jádra s kompletními instalacemi, zařizovacími předměty a obklady) a 2D prefabrikáty v podobě vnitřních dělicích příček s nosnou dřevěnou konstrukcí.

Obrázek 10 - BIM model výseku 1.NP systému TiCo.



Zdroj: UCEEB

Obrázek 11 - Experimentální stavba výseku systému TiCo [34]



Zdroj: UCEEB

[34] Štěpán Mančík a Antonín Lupíšek, „TiCo - prefabrikovaný stavební systém pro bytové domy z dřevěných panelů s betonovou nosnou konstrukcí", TZB-info, viděno 24. listopad 2020, https://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/20962-tico-prefabrikovany-stavebni-system-pro-bytove-domy-z-drevenych-panelu-s-betonovou-nosnou-konstrukci.

Mezi nově vznikající požadavky na budovy patří jejich návrh v souladu s oběhovým hospodářstvím (cirkulární ekonomikou). Ta klade důraz na co nejefektivnější využití materiálů po co nejdelší dobu a minimalizaci tvorby odpadů.

Prefabrikované konstrukce mají tu výhodu, že jsou často založeny na důsledné modulaci a zároveň často umožňují snadnější demontovatelnost než konstrukce tradiční. Zároveň díky tomu, že prefabrikáty vznikají často v sériích, je možné lépe odhadnout vlastnosti konstrukcí i po letech užívání, což může usnadnit buď jejich opětovné využití pro jiný účel, nebo standardizovaný způsob demontáže a rozebrání na jednotlivé materiály.

3.3.5. 3D prefabrikace

Prostorová prefabrikace má nevýhodu malé variability architektonického výrazu stavby a naráží na přepravní omezení, zejména rozměrové. Maximální standardní rozměry prefabrikovaných dílců pro převoz na standardním návěsu tahače jsou cca 2,5 x 2,4 x 12 m (v závislosti na uložení a kotvení), při přepravě dílců v lodních kontejnerech je pak omezení vnitřních rozměrů 2,35 x 2,39 x 12,029 m (40“ kontejner),[35] a podobné jsou rozměrové limity pro dopravu prvků na návěsech kamionů pod plachtou. Veškeré rozměrnější náklady jsou nestandardní, a jejich přeprava je výrazně dražší než u standardizovaných rozměrů, a většinou vyžaduje omezení provozu a doprovodné vozidlo.

Typickými představiteli 3D prefabrikace jsou stavby na bázi klasických kovových staveništních buněk. Někteří výrobci tyto konstrukce doplňují o jednotící vnější obvodové pláště, čímž docilují akceptovatelného, a někdy dokonce zajímavého architektonického vzhledu. Příkladem progresivního výrobce, který umí na této bázi dodat zajímavé budovy od ubytoven, přes kanceláře až po školní pavilony je česká firma KOMA Modular. Trend 3D prefabrikace sílí i v oblasti dřevěných konstrukcí, které jsou oblíbené především v severských zemích, kde se takto běžně staví ubytovny či studentské koleje.

3.4. Požadavky na výrobu

Minimálním předpokladem pro výrobu prefabrikovaných stavebních dílců je krytá hala, ideálně temperovaná. Požadavky na velikost výrobních prostor se odvíjejí od plánované roční kapacity výroby. Pro ilustraci lze použít velkost areálu RD Rýmařov kapacitou výroby cca 500 rodinných domů na klíč a několik set sad pro vlastní montáž, který má velikost cca 16 hektarů.

Co se týká vybavení, u železobetonových konstrukcí se jedná o klasické prefy se stoly umožňující manipulaci s jednotlivými prvky a zajištění zrání betonu, doplněné o místo pro instalaci oken a finalizaci povrchových úprav. Je možné postupovat tradičně, nebo využít automatizaci. Dnes jsou k dispozici například automatizované stoly, které se samočinně pohybují mezi jednotlivými pracovišti, je možnost mít automatizované centrum, které nakrátí, naohýbá a svaří výztuž. Rovněž

[35] C.S. Cargo, „Dostupné typy kontejnerů – C.S.CARGO a.s.", viděno 24. listopad 2020, https://www.cscargo.cz/cs/dostupne-typy-kontejneru/.

jsou k dispozici systémy, které pomocí magnetů umožňují snadné sestavení bednění pro plošné prvky a laserové dataprojektory, které obsluze ukážou přesné polohy umístění bednění výstupů a průchodek. Automatizovaně probíhá i příprava betonové směsi a proces zrání jednotlivých dílců.

U systémů suché výstavby jsou opět potřeba montážní stoly, ideálně doplněné o zvedák a kolejnice s možností zavěšení stěnových dílců. K efektivitě a rentabilitě výroby je nutné poměrně nákladné vybavení. U systémů na bázi dřeva se jedná o řezací centra, která umí na základě digitálních podkladů vzít ze zásobníku ve skladu příslušné dřevěné profily, nakrátit je na požadovanou délku a vyfrézovat ozuby a otvory, označit, a dopravit je na příslušný montážní stůl. Na ten se laserem promítnou požadované pozice jednotlivých dílců, které obsluha rozmístí. Na profily se pomocí manipulátoru položí automaticky opracovaná do předem připravených rozměrů a sponkami se připojí na profily. Konstrukce se následně otočí, vloží se do ní příslušné instalační prvky, chráničky a průchodky a následně se buď ručně nebo automaticky vyplní tepelnou izolací. Opatří se parotěsnou izolací a zaklopí se deskami, které se opět přisponkují a osadí se výplně otvorů. Následně se konstrukce zavěsí na kolejnice a zbytek prací probíhá ve svislé poloze. Dokončí se vnitřní povrchové úpravy a vnější zateplovací systém s vnější povrchovou úpravou. Obdobná linka s modifikacemi se použije na výrobu stropních a střešních panelů. Výrobní stroje pro prefabrikované dřevostavby dodávají renomovaní zahraniční výrobci (HOMAG, Huendegger) ale objevují se i domácí výrobci schopni dodat vybavení menší výrobní linky (například firma SOUKUP Woodworking Machinery, která dodávala vybavení pro DOMY D.N.E.S a VEXTA domy).[36] Mezi nezbytné vybavení patří i nejen strojní vybavení, ale i příslušné softwarové řešení a systémy organizace výroby a logistiky.

Z hlediska kvalifikace personálu je samotná výroba prefabrikátů méně náročná, protože se jedná opakované činnosti v kontrolovaném prostředí, lze tedy využít specializace.

Na druhou stranu je ovšem složitější sehnat pracovníky na montáže. Na rozdíl od běžných stavebních firem, které působí v okolí svého sídla, například v rámci okresu, jsou montáže prefabrikovaných domů (jedná-li se o desítky ročně) spojené obvykle s delším cestováním a je složitější sehnat na tyto práce lidi. V momentě, kdy produkce domů dosáhne stovek, už se vyplatí mít montážní týmy pro jednotlivé regiony.

3.5. Požadavky na technickou přípravu

Technická příprava prefabrikovaných konstrukcí je ve srovnání s běžnou výstavbou náročnější, na druhou stranu, pokud je dobře provedena, vrátí se to v podobě velice rychlé montáže na místě. Je velký rozdíl mezi novostavbami a rekonstrukcemi.

U novostaveb je možné předepsat požadavky na rozměry základových konstrukcí a polohy vývodů přípojek inženýrských sítí. V případě, že jsou tyto požadavky dodrženy s rozumnou tolerancí, jde stavba hladce. Hlavní péči je pak potřeba věnovat komunikaci se zákazníkem, protože v momentě,

[36] „Produkty | SOUKUP MACHINERY", viděno 5. listopad 2020, https://soukup.cz/cs/produkty/technologie-pro-vyrobu-drevostaveb/Know-how-drevostavby/.

kdy se výrobní dokumentace posílá do výroby, nelze už provádět klientské změny. Samotné zajištění sladění jednotlivých dílců je koordinačně náročné na projekci, ale když se tým projektantů postupně vyškolí a digitálně sladí s týmem, který programuje výrobní stroje, lze zajistit bezproblémovou výrobu.

Důležitou součástí prefabrikované výroby je systém kontroly kvality, který je pro zajištění efektivity a hladkého průběhu montáží nezbytný. Existence systému kontroly kvality zároveň představuje benefity pro koncového uživatele, protože na rozdíl od tradiční stavební výroby má garanci určitého standardu, která není odvislá od toho, který řemeslník byl zrovna při ruce.

U rekonstrukcí a dodatečného zateplování budov je příprava výrazně náročnější, ale to neplatí pouze pro prefabrikované stavby. Klíčové jsou přesnost zaměření, výrobní tolerance a možnost přizpůsobení jednotlivých dílců reálné situaci. Zaměření se dnes čím dál běžněji provádí pomocí laserového skenování, z nějž je výstupem mračno bodů. Je třeba si vybudovat systém, který umožní jejich bezchybné zpracování tak, aby nebyly zanedbány významné odchylky od rovinnosti ploch, které by potom znemožnily správné provedení montáže (veliká palice je sice nástrojem každé montážní čety, nicméně má své limity a může vést k poškození dílců). Speciální pozornost je třeba věnovat detailům napojení nové konstrukce na konstrukci stávající.

3.6. Klimatické podmínky

Prefabrikované konstrukce jsou méně náchylné na klimatické podmínky. Je to dáno jednak tím, že se vyrábí obvykle ve výrobních halách, tedy pod střechou a s možností řídit teplotu prostředí, jednak tím, že výstavba, respektive montáž je velmi rychlá.

Jsou však jistá rizika plynoucí z počasí přímo na montáži, což může být kritickým momentem, zvláště u konstrukcích náchylných na vlhkost. Ačkoliv montáž probíhá často bez meziskládky, kdy se jednotlivé dílce berou z kamionu a rovnou se zabudovávají, v momentě, kdy dojde k nějaké prodlevě stavby a dílce zůstanou déle na dešti, může dojít k jejich poškození. Těmto rizikům lze předcházet přepravním balením jednotlivých dílců, jak je vidět na následující fotografii, řešení však s sebou nese jisté vícenáklady.

Obrázek 12 - Prefabrikované panely



Zdroj: UCEEB

Prefabrikované panely jsou na staveniště dopravovány v ocelových stojanech a místním proti častým srážkám jsou chráněny fólií (příklad z nizozemského Arnhemu).

3.7. Oběhové hospodářství

Mezi nově vznikající požadavky na budovy patří jejich návrh v souladu s oběhovým hospodářstvím (cirkulární ekonomikou). Ta klade důraz na co nejefektivnější využití materiálů po co nejdelší dobu a minimalizaci tvorby odpadů.

Prefabrikované konstrukce mají tu výhodu, že jsou často založeny na důsledné modulaci a zároveň často umožňují snadnější demontovatelnost než konstrukce tradiční. Zároveň díky tomu, že prefabrikáty vznikají často v sériích, je možné lépe odhadnout vlastnosti konstrukcí i po letech užívání, což může usnadnit buď jejich opětovné využití pro jiný účel, nebo standardizovaný způsob demontáže a rozebrání na jednotlivé materiály.

4. VYUŽITÍ AUTOMATIZOVANÝCH PROCESŮ PRO VÝSTAVBU

Využití automatizace je jasným trendem Průmyslu 4.0, který se postupně dostává i do stavební praxe. Aby bylo možné efektivně do výroby zavádět automatizaci, je nezbytné maximálně digitalizovat procesy navrhování a řízení výrobních procesů. Digitalizace ve stavebnictví zároveň vede na produkci množství dat, která lze použít pro další optimalizaci výroby a podrobnější sledování životního cyklu budovy, včetně dopadů na životní prostředí.

Automatizace ve stavebnictví se prosazuje ve všech fázích stavebního procesu – od přípravy, přes navrhování, výrobu stavebních materiálů a konstrukcí, výstavbu, až po údržbu, demolici a recyklaci stavby.

Snahy o automatizaci výstavby klasickým způsobem pro zděné konstrukce jsou popsány např. na - https://constructionphysics.substack.com/p/where-are-the-robotic-bricklayers

Obrázek 13 - Výzkumné projekty



Zdroj: UCEEB

V nedávné době bylo v zahraničí realizováno několik výzkumných projektů, které prozkoumávaly možnosti aplikace robotů na stavbě. Příkladem jsou projekty z Curyšského ETH – budova DFAB HOUSE[37] a NEST[38] (na obrázku).

Příkladem při přípravě stavby může automatické laserové nebo fotogrammetrické skenování objektu před jeho rekonstrukcí. Při navrhování je možné využívat různé prvky umělé inteligence při navrhování dispozic[39], nebo parametrické optimalizace pomocí automatizovaných výpočtů prováděných na 3D modelu budoucí stavby[40]. Při výstavbě lze použít celou řadu robotů, které pomáhají při tradičních postupech výstavby[41] nebo zavádějí postupy nové, jako je aditivní výroba pomocí 3D tisku[42] nebo naopak pomocí automatizovaného obrábění[43]. Automatizované výrobní linky se dají s výhodou využít pro například produkci stěnových panelů pro domy. Technologie pro automatizovanou výrobu dodává například firma Weinmann[44] či Kuka[45]. Při demolici budov mohou zvýšit bezpečnost práce automatizované demoliční stroje[46], demoliční odpad pomohou roztřídit automatizované třídicí linky[47].

Speciálními typy prefabrikovaných stavebních konstrukcí jsou dočasné samorozložitelné stavby[48], jejich využití pro delší užívání se však zatím jeví jako neefektivní.

[37] „DFAB HOUSE – Building with robots and 3D printers", viděno 10. červenec 2020, https://dfabhouse.ch/.

[38] „NEST – DFAB HOUSE", viděno 10. červenec 2020, https://dfabhouse.ch/empa-nest/.

[39] „CONAI", CAMEB, viděno 9. červenec 2020, https://www.cameb.cz/conai.

[40] „Augmented Parametrics", viděno 9. červenec 2020, https://iam.tugraz.at/augmented-parametrics/.

[41] „Japanese Robot Capable of Installing Drywall by Itself | ArchDaily", viděno 9. červenec 2020, https://www.archdaily.com/903248/japanese-robot-capable-of-installing-drywall-by-itself; „Clapa Floor Master Robot type 130 - automatic floor screeding - YouTube", viděno 9. červenec 2020, https://www.youtube.com/watch?v=pUGOqLmiYfE; *Fastbrick Robotics: Hadrian 105 Time Lapse*, 2016, https://www.youtube.com/watch?v=4YcrO8ONcfY&app=desktop.

[42] *6 Amazing 3D PRINTED HOUSE Projects in 2020*, 2020, https://www.youtube.com/watch?v=eIVl3gmswhM.

[43] *Rockwool 3D facade done by Robot At Work*, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=wAIuplbWzLY.

[44] *smartPrefab – Industrial manufacturing of prefabricated houses*, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=P1uvwwI29Qg.

[45] *Flower power timber robots: How robots can revolutionize architecture and timber industry*, 2019, https://www.youtube.com/watch?v=bVVNQ5-3tjw.

[46] *Construction Demolition Robot*, 2014, https://www.youtube.com/watch?v=dTv4c9r2gh8.

[47] *Maximise your recovery of construction and demolition materials with STEINERT sorting solutions*, 2016, https://www.youtube.com/watch?v=c_AUIqLPmZk.

[48] *The houses that build themselves - BBC REEL*, 2019, https://www.youtube.com/watch?v=phJNZRr8Qoo.

Obrázek 14 - Řada používaných moderních technologií byla původně vyvinuta pro účely vesmírného výzkumu



Zdroj: UCEEB

Řada používaných moderních technologií byla původně vyvinuta pro účely vesmírného výzkumu (například fotovoltaické systémy, aerogelové a vakuové tepelné izolace), v poslední době zejména probíhá intenzivní vývoj na 3D tisku v soutěžních projektech zabývajících se stavbou domů na Marsu[49].

4.1. Stavebnictví 4.0

Během posledního desetiletí digitální pokrok změnil celá průmyslová odvětví a zahájil novou technologickou éru, nyní známou jako čtvrtá průmyslová revoluce. Tyto nové technologie uspokojují nejen poptávku spotřebitelů po lepší zábavě, nakupování a dopravě. Inovace zlepšila produktivitu a udržitelnost společností a předefinovala dovednosti a kompetence potřebné k prosperitě.

Ve stejném období však stavební průmysl fungoval stejně jako za posledních 50 let. Stále se spoléhá na manuální práci, mechanickou technologii a zavedené provozní a obchodní modely. V důsledku toho produktivita stagnovala. Teprve nedávno začaly do odvětví vstupovat digitální technologie, které postupně měnily způsob, jakým jsou infrastruktura, budovy a další stavby budovány, provozovány a udržovány. Tyto technologie, včetně informačních modelů budov (BIM), prefabrikace, bezdrátových senzorů, 3D tisku a automatizovaného a robotického vybavení, ovlivňují celé odvětví. Jejich ekonomický a sociální dopad by mohl být značný, vzhledem k tomu, že stavební

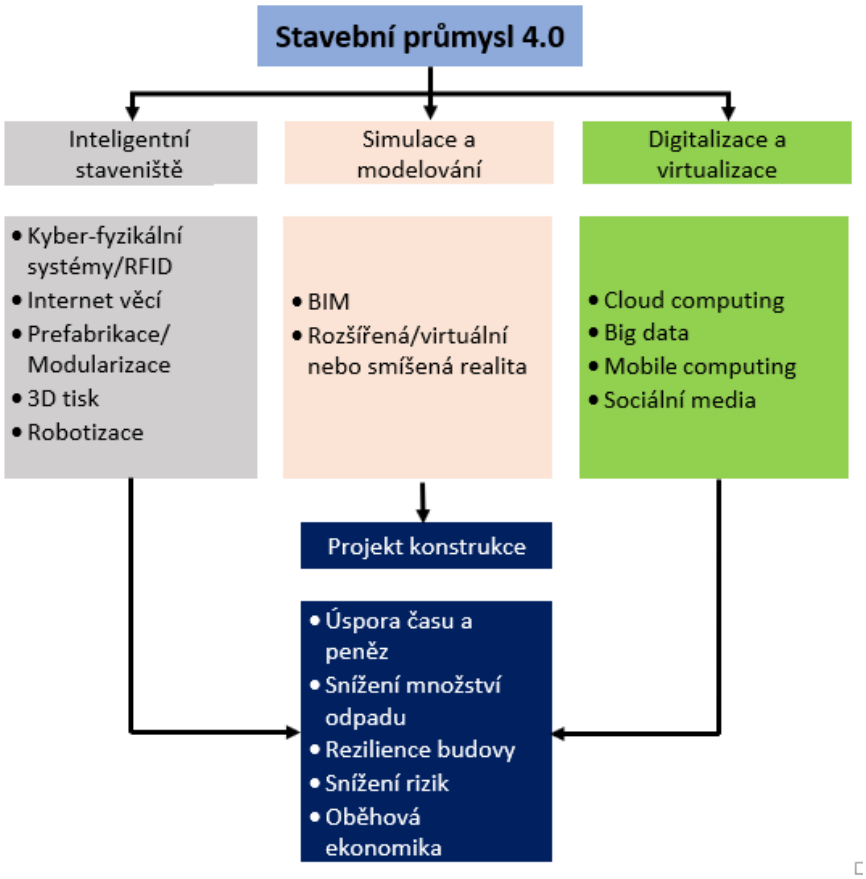
[49] Lee Mohon, „NASA's Centennial Challenges: 3-D Printed Habitat Challenge", Text, NASA, 15. květen 2015, http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab/index.html; „AI SpaceFactory Wins NASA's 3D-Printed Extraterrestrial Habitats Challenge - IEEE Spectrum", IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News, viděno 10. červenec 2020, https://spectrum.ieee.org/tech-talk/aerospace/space-flight/3d-printers-could-build-future-homes-on-mars.

průmysl představuje 6 % celosvětového HDP. Během deseti let by úplná digitalizace mohla průmyslovému odvětví pomoci uniknout z jeho desetiletí trvající stagnace a podle odhadů Světového ekonomického fóra vygenerovat odhadovanou roční úsporu nákladů ve výši 12–20 %, což se rovná 1 až 1,7 bilionu dolarů.[50]

Tyto technologie je možné členit do třech hlavních skupin:

- inteligentní staveniště,
- simulace a modelování,
- digitalizace a virtualizace.

Obrázek 15 - Hlavní skupiny technologií stavebního průmyslu 4.0



Autor: Tereza Pavlů

[50] World Economic Forum, „The Fourth Industrial Revolution Is about to Hit the Construction Industry. Here's How It Can Thrive", *The European Sting - Critical News & Insights on European Politics, Economy, Foreign Affairs, Business & Technology - Europeansting.Com* (blog), 14. červen 2018, https://europeansting.com/2018/06/14/the-fourth-industrial-revolution-is-about-to-hit-the-construction-industry-heres-how-it-can-thrive/.

4.1.1. Inteligentní staveniště

Inteligentní staveniště obsahuje řadu technologií a konceptů pro automatizaci procesu výstavby a vytvoření inteligentní platformy pro stavební průmysl. Obecně existuje několik přístupů k vytvoření inteligentního staveniště.

První přístup se zabývá integrací kyber-fyzikálních systémů (CPS), které lze využít k usnadnění obousměrné koordinace mezi virtuálními modely a fyzickou konstrukcí. Technologie senzorů je nezbytnou součástí inteligentního staveniště a radiofrekvenční identifikace (RFID) spolu s internetem věcí proto nabízí různá řešení pro automatizaci procesu výstavby. Umožňuje pracovníkům pracoviště efektivně sledovat a spravovat stavební nástroje, zařízení, materiály i prefabrikované stavební prvky za účelem snížení potenciálních rizik, a tím optimalizovat harmonogram projektu a náklady na projekt.

Modularizace nebo prefabrikace ukazuje výhody především v rychlosti výstavby, šetrnosti k životnímu prostředí a cenové dostupnosti. Materiály použité pro modulární budovy se neliší od běžně používaných, ale způsob montáže prvků při výrobě může zlepšit odolnost budovy jako celku a zároveň umožňuje její následnou rozebíratelnost čímž přispívá ke snadnější recyklaci jednotlivých prvků. Zatímco prefabrikace není ve stavebnictví novinkou a již obecně přijata, aditivní výroba nebo 3D tisk, který v budoucnu umožňuje automatickou výrobu nejsložitějších architektonických komponent bez dalších nákladů, je v současné době předmětem výzkumu a vývoje.

4.1.2. 3D tisk

3D tisk je považován za ekologičtější způsob výroby konstrukcí a použité materiály mají také vyšší úroveň jak konstrukční flexibility, tak konstrukční pevnosti. Jinými slovy, 3D tisk v kombinaci s prefabrikací umožňuje efektivní a bezpečnou konstrukci v relativně krátkém časovém období s rozumnou kontrolou nákladů. Pro 3D tisk lze použít následující členění.

Základní technologie 3D tisku ve stavebnictví dle místa výroby [51]

- Výroba in situ
  - stacionární roboti – obdoba rámových jeřábů, např. existující technologie D-Shape, Contour Crafting, Winsun atd,
  - mobilní roboti, např. projekt Minibuilders IAAC v Barceloně.
- Výroba prefabrikátů a komponentů budov 3D tiskem ve specializovaných výrobních závodech.

[51] Michal Kovářík, Svoboda Pavel, „3D tisk jako součást trendu zvyšování podílu robotizace ve stavebnictví", 23. únor 2015, https://businessworld.cz/infrastruktura/3d-tisk-jako-soucast-trendu-zvysovani-podilu-robotizace-ve-stavebnictvi-12164.

- Robotické osazování prefabrikovaných částí do již hotové stavby. Není přímo 3D tisk, ale využívá podobné principy a 3D tisk výhodně doplňuje, např. pro osazení tahově namáhaných konstrukcí, které jdou problematicky tisknout in situ - např. technologie Contour Crafting.

Základní technologie 3D tisku ve stavebnictví dle způsobu tisku

- liniový 3D tisk,
- celoplošný 3D tisk.

4.1.3. Robotizace

Robotizace má bude postupně nahrazovat lidské zdroje a pomůže při výstavbě. Ve vývoji jsou různé typy zařízení od robotických buldozerů řízených pomocí GPS, přes robota, který bude umět zdít a nahradí tak až 4 pracovníky. Cílem robotizace ve stavebnictví je mimo jiné zvýšení přesnosti výstavby, kterého bude docíleno kromě jiného i propojením s BIM.

V současné době je stavebnictví jedním z mála oborů, kde se používá převážně lidská manuální práce než robotická automatizace, a to z důvodu, že stavba není pásová linka, je třeba řešit spoustu detailů, které se musí někdy operativně řešit na místě.

Vhodné příklady použití robotizace ve stavebnictví jsou:

- manipulace s nebezpečnými látkami (chemické izolace, azbest, atd.),
- manipulace těžkých břemen (prefabrikáty),
- práce s ohněm (hydroizolace asfaltovými pásy),
- výškové práce (kontrola ETICS pomocí dronů, atd.),
- zdící robot (pouze pokládka, bez malty, s maltou),
- pokládka zámkové dlažby,
- demolice betonových konstrukcí (ERO Concrete Recycling Robot),
- malířský robot.

Obrázek 16 - Zdicí robot[52]



Zdroj: UCEEB

Obrázek 17 - Pokládka zámkové dlažby [53]



Zdroj: UCEEB

[52] „Robotization of BIM : How Robots Could Improve BIM Workflow", *Arch2O.Com* (blog), 19. únor 2016, https://www.arch2o.com/robotization-bim-robots-improve-bim-workflow/.

[53] Autor Rincón Abstracto, „Asombrosa máquina para pavimentar calles empedradas, de forma automática.", Rincón Abstracto, 14. červen 2011, https://www.rinconabstracto.com/2011/06/asombrosa-maquina-para-pavimentar.html.

Obrázek 18 - Řízená demolice betonové konstrukce[54]



Zdroj: UCEEB

Příklady výrobců působících v ČR:

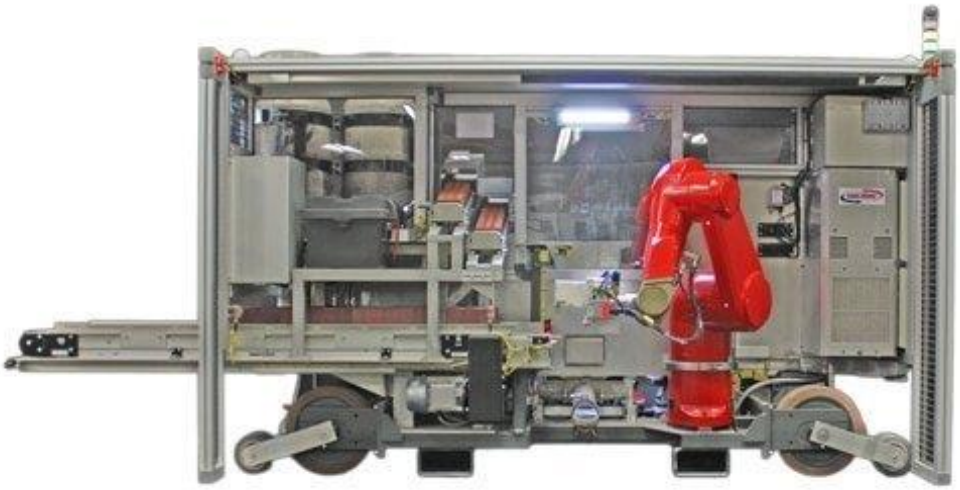
- **KUKA Robotics** - výrobce průmyslových robotů, který pokrývá téměř všechny oblasti nosností a typů robotů [55]
- **Zlín Robotics** - výrobce průmyslových robotů na testování a kontrola dílů, kamerové zkoušky kvality dílů, potisk a značení dílů, lisování kontaktů do konektoru, vybalování dílů, značení
  a potisk obalů, balení dílů, vyhledání a vyzvednutí dílů, montáže a založení dílů, šroubování, lepení, mikro-odporové svařování, letování, zalévání 1K a 2K hmotami, tvarování elektro součástek, sběr dat do průmyslové sítě [56]
- **FANUC Robotics** – výrobce průmyslových robotů – zahrnuje 9 řad kloubových robotů, delta-roboty a zvláštní řady pro obloukové svařování a natírání.[57]

[54] „Amazing ERO Concrete-Recycling Robot Can Erase Entire Buildings", viděno 24. listopad 2020, https://inhabitat.com/amazing-ero-concrete-recycling-robot-can-erase-entire-buildings/.
[55] „Průmyslové roboty", KUKA AG, viděno 24. listopad 2020, https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-služby/robotické-systémy/průmyslové-roboty.
[56] „Průmyslová automatizace a robotizace výroby | ZLÍN ROBOTICS", viděno 24. listopad 2020, https://www.zlinrobotics.cz/?gclid=CjwKCAiA-_L9BRBQEiwA-bm5fiXybuBt2yqkbyVPWVggvSH33Zlm2Uz1URgc7oh2jzOJ5PW4M0Ye9xoCUd0QAvD_BwE.
[57] „FANUC | The Factory Automation Company - Fanuc", viděno 24. listopad 2020, https://www.fanuc.eu/cz/cs.

Ostatní příklady:

- **Construction robotics SAM100** – Semi-Automated Mason, je robot pro pokládku cihel navržený a zkonstruovaný společností Construction Robotics. SAM100 je první komerčně dostupný zednický robot pro stavbu zdiva na místě.[58]

Obrázek 19 - Construction robotics SAM100 [59]



Zdroj: UCEEB

DOXEL AL – Doxel pomocí robotů vybavených lidarem každý den skenuje staveniště, aby sledoval, jak se věci vyvíjejí, sledoval, co se instaluje a zda je to správná věc ve správný čas na správném místě. [60]

- **Built Robotics: Automated Track Loader** – Automatizovaný Bobcat (UNC), autonomní stavební nakladač [61]
- **TyBot** – Robot pro vázání prutů se nemusí zdát tak okouzlující, ale splňuje velmi specifickou potřebu na stavbách, kde je málo práce. TyBot, vyvinutý společností Advanced Construction Robotics, Inc., může nepřetržitě spojovat výztuž s jediným pracovníkem potřebným pro dohled nad prací.[62]

[58] „SAM100 – Construction Robotics", viděno 24. listopad 2020, https://www.construction-robotics.com/sam100/.
[59] „SAM100 – Construction Robotics", 1.
[60] „Doxel.ai", viděno 24. listopad 2020, https://www.doxel.ai/.
[61] „Built Robotics", viděno 24. listopad 2020, http://www.builtrobotics.com/.
[62] „ABOUT | TyBot", viděno 24. listopad 2020, https://www.tybotllc.com/about.

- **Fastbrick Robotics: Hadrian X Digital Construction Systém** – je první mobilní robotický blokovací stroj a systém na světě, schopný bezpečně pracovat venku v nekontrolovaném prostředí s rychlostí a přesností. Staví blokové struktury z 3D CAD modelu, produkuje mnohem méně odpadu než tradiční konstrukční metody a dramaticky zvyšuje bezpečnost staveniště. Je schopen postavit stěny domu na místě za pouhý den.[63]

Obrázek 20 - Fastbrick Robotics: Hadrian X Digital Construction Systém [64]



Zdroj: UCEEB

4.1.4. Simulace a modelování

Simulace a modelování budov ve stavebnictví 4.0 úzce souvisí s informačním modelem budovy (BIM), který je souhrnným názvem pro skupinu technologií, které umožňuje virtuálně navrhovat a řídit stavební projekty. Mezi hlavní výhody BIM patří:

- umožnění posouzení návrhových možností ke snížení produkce odpadu,
- usnadnění zapojení konstrukčního týmu mnohem dříve do procesu navrhování vedoucí ke snížení dopadů na životní prostředí,
- možnost plánování dekonstrukce na konci životního cyklu,

[63] „Hadrian X® | Outdoor Construction & Bricklaying Robot from FBR", FBR, viděno 24. listopad 2020, https://www.fbr.com.au/view/hadrian-x.
[64] „Hadrian X® | Outdoor Construction & Bricklaying Robot from FBR".

- statické a stavebně-technické optimalizace,
- zlepšení efektivity v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci,
- zajištění plynulého a efektivního pracovního výkonu,
- zlepšení požární bezpečnosti staveb,
- posílení řízení kvality a přizpůsobení procesu výstavby změnám objednávek,
- zvýšení odolnosti dodavatelského řetězce.

Množí se získávání informací za použití dronů v kombinaci a následnou kombinaci s technologií virtuální reality. Drony mohou být použity pro vizuální zobrazování a 3D mapování. Využití dronů poskytuje velké výhody, pokud jde o náklady, dobu odezvy a důležitou schopnost identifikovat a vyhodnotit rizika lokality. Drony mohou být užitečné pro podporu infrastruktury, dodávky materiálu a navázání komunikace.

4.1.5. Digitalizace a virtualizace

Poslední oblast obsahuje kategorie týkající se digitalizace a virtualizace, jako jsou Cloud Computing a Big Data. Tyto inovace mají zvláštní význam pro poskytnutí platformy k zajištění efektivní aplikace a provozu technologií v předchozích dvou oblastech. Ve stavebnictví se Cloud Computing zabývá poskytováním integrovaných služeb s možností přístupu přes internet pro spolupráci mezi různými stranami v projektu. Přijetí cloudových řešení umožňuje všem zúčastněným stranám projektu získávat informace z jakéhokoli komunikačního zařízení s přístupem na internet. Mezitím může implementace Big Data pomoci shromáždit správná data generovaná různými agenty, jako jsou modely BIM a podobně jako integrované senzory, stroje, počítače nebo lidé.

4.2. Příklady staveb

DFAB HOUSE se vyznačuje tím, že byl nejen digitálně navržen a naplánován, ale je také postaven pomocí převážně digitálních procesů. V rámci tohoto pilotního projektu chtějí profesoři ETH prozkoumat, jak digitální technologie mohou učinit stavbu udržitelnější a efektivnější a jak zvýšit designový potenciál. Návrh a plánování jednotlivých komponent byly digitálně koordinovány a podle těchto údajů jsou nyní vyráběny přímo na místě. Výsledkem je, že již není nutná fáze tradičního plánování. Od léta 2018 bude třípodlažní budova s podlahovou plochou 200 m^2 sloužit jako obytný a pracovní prostor pro hostující výzkumné pracovníky Empa a Eawag a partnery NEST.

ETH Zurich's in situ Fabricator je robotické rameno na housenkových kolejích, které vytváří dvojitou vrstvu kovových tyčí. Tato síťová konstrukce bude následně vyplněna betonem. Bezplatný

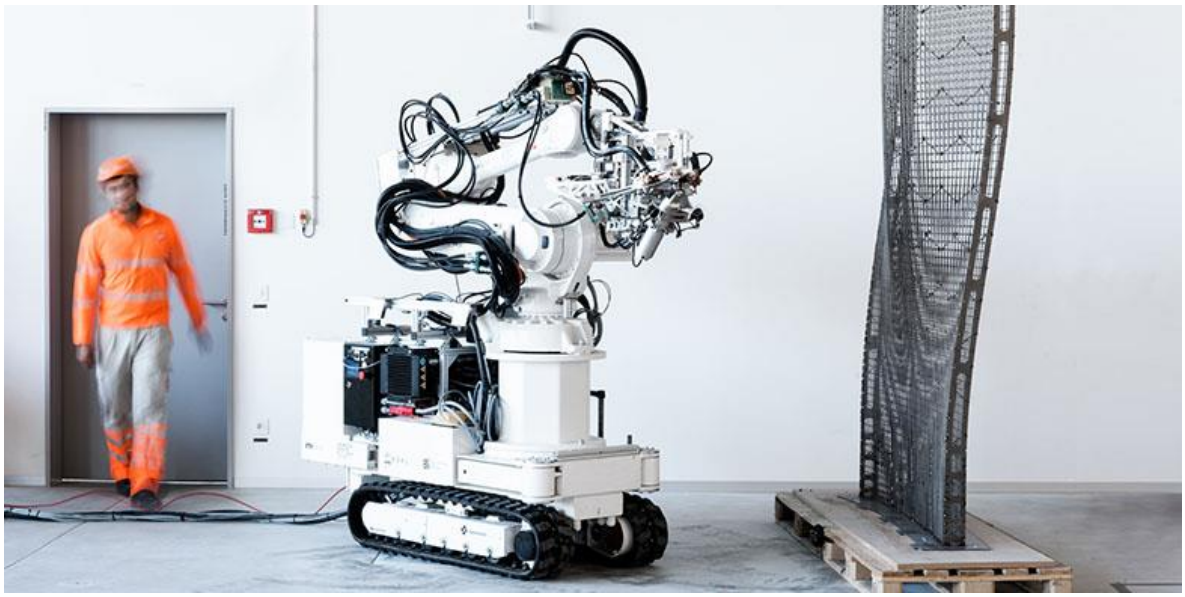
roamingový robot, který používá technologii Mesh Mold, jak ji nazývají, může vytvořit rámec, který se ohýbá a vlní, což umožňuje architektům NEST navrhovat nepřímé stěny. [65]

Obrázek 21 - Vizualizace projektu DFAB HOUSE, zdroj NCCR Digital Fabrication



Zdroj: UCEEB

Obrázek 22 - Testování robota pro nástřik betonové směsi, zdroj NCCR Digital Fabrication



Zdroj: UCEEB

[65] „Building with Robots and 3D Printers", viděno 24. listopad 2020, https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2017/06/building-with-robots.html.

The BOD – první 3D tištěný dům v Evropě [66]

Účelem tohoto demonstračního projektu bylo ukázat, jak lze 3D konstrukční tisk použít v Evropě tak, aby splnil evropské normy a standardy. Tiskárna je portálového typu a má velikost 8 x 8 x 6 metrů. Rychlost tisku je 2,5 metru / minutu, každá vrstva je 50-70 mm silná. Ve spolupráci s FORCE Technology byla vyvinuta směs na betonovou směs s využitím recyklovaných materiálů. Jednou z velkých výhod, které robotickému 3D konstrukčnímu tisku přináší, jsou tvar prvků či domu - tiskárně je jedno, zda jsou stěny rovné nebo zakřivené.

Obrázek 23 - 3D Tisk betonovou směsí



Zdroj: UCEEB

[66] COBOD, „COBOD - Modular 3D Construction Printers - 3D Printed Buildings", COBOD, viděno 24. listopad 2020, https://cobod.com/.

Obrázek 24 - Příklad domu BOD, [67]



Zdroj: UCEEB

Batiprint3D – chce urychlit přechod na stavební průmysl 4.0 a nabídnout první řešení bytového designu, výstavby a renovace pomocí robotiky a 3D tisku. Tato ambice je poháněna ekologickým přístupem a vůlí zlepšit pracovní podmínky, kvalitu provedení a snížit dopady na životní prostředí. Technologie Batiprint3D umožňuje 3D tisk více materiálů a stěn ve velkém měřítku. Jedná se o průlomovou inovaci pro budovy a tepelné renovace, certifikovanou evropskými stavebními normami.[68] Příkladem je stavba domu v Nantes pomocí robotické 3D tiskárny. Tento dům o rozloze 95 m^2 zahrnuje 5 pokojů, zaoblené stěny, okna a dveře.

[67] COBOD.
[68] „Shaping Tomorrow | batiprint3d", viděno 24. listopad 2020, https://www.batiprint3d.com/en.

Obrázek 25 - Systém Batiprint3D v akci, zdroj Batiprint3D



Zdroj: UCEEB

5. STAVEBNÍ PRVKY A KONSTRUKCE UMOŽŇUJÍCÍ ZAKOMPONOVÁNÍ ROZVODŮ TECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ BUDOV

Využití moderních technologií ve stavebních konstrukcích je samozřejmostí a současně nutností na cestě k energeticky pasivním, aktivním i nízkouhlíkovým budovám. Současně změna stavebních technologií směrem k počítačově řízeným výrobním procesům, prefabrikaci a budoucí minimalizaci lidské manuální práce na stavbě vede k potřebě extrémně pečlivého řešení nově vznikajících konstrukčních detailů. Řada takových detailů vzniká při rekonstrukcích stávajících budov za použití současných technologií, zejména těch používajících integrovaného přístupu k rekonstrukci.

Integrovaný přístup k navrhování budov se obecně uplatňuje stále častěji a vede na nové technologie, materiály a způsob návrhu. Integrované technologie ve stavebních konstrukcích jsou řešením požadavku na maximální výtěžnost podlahové plochy pro uživatele budovy.

Vývoj ve stavebnictví v poslední době dělá částečně i krok zpět a vracíme se zpět k technologiím, které známe dlouhá léta, ale z nějakého důvodu se přestaly používat. Často jde o pasivně fungující systémy, a tedy energeticky nenáročné řešení, které v moderních budovách vyžaduje nový přístup.

5.1. Integrované konstrukčně-technologické systémy

Začlenění rozvodů technického zařízení budovy do stavebních konstrukcí je zásadní téma pro rekonstrukce budov. Existuje celá řada systémů zlepšujících jak tepelně-technické parametry obálky budovy, tak přidávají nové technologie do stávající budovy.

Řada zahraničních systémů vychází z výsledku projektu EIA EBC Annex 56[69]. TES Energy Facade a navazující projekt smartTES[70] řeší napojování vzduchotechnických rozvodů v nově přidávaných tepelně-izolačních panelech s cílem dosáhnout komplexní energetické sanace objektu. Systém E2VENT[71] je řešením tepelně izolačního systému s pohledovou vrstvou a vzduchovou dutinou. Součástí tohoto systému je inteligentní modulární rekuperační jednotka, která umožňuje získávat energii z odváděného vzduchu. Dalším prvkem je integrovaný zásobník tepla využívající materiály s fázovou změnou - bezúdržbový pasivní prvek snižující špičkovou energetickou náročnost. Na Univerzitě v Delftu vznikl systém Second Skin[72]; jde o lehkou fasádu, která funguje jako druhá kůže

[69] Manuela Almeida a Marco Ferreira, „IEA EBC Annex56 Vision for Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation", *Energy Procedia* 78 (listopad 2015): 2409–14, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.206; IEA EBC, Energy in Buildings and Communities Programme, *Methodology for Cost-Effective energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56)*, 2014, http://www.iea-annex56.org/index.aspx?MenuID=1.

[70] „Professur für Entwerfen und Holzbau: TES EnergyFacade", viděno 24. červenec 2017, http://www.holz.ar.tum.de/en/research/tesenergyfacade/; Frank Lattke a Yrsa Cronhjort, ed., *SmartTES: Introduction to a New Retrofit Method*, SmartTES, innovation in timber construction for the modernisation of the building envelope / [Projektkoordinator: Frank Lattke]; [1] (München: Techn. Univ., Fak. für Architektur, 2014).

[71] „Project description - E2VENT", viděno 25. červenec 2017, http://www.e2vent.eu/project-description.

[72] M. Eekhout a P. van Swieten, *The Delft Prototype Laboratory* (IOS Press, 2016); „2nd SKIN: Systemic deep retrofit for social housing - Climate-KIC", viděno 30. říjen 2019, https://www.climate-kic.org/success-stories/2nd-skin/.

budovy. Koncept zahrnuje tepelnou izolaci, systém geotermálního tepelného čerpadla zajišťující vytápění, chlazení a horkou vodu a fotovoltaické panely pro výrobu elektřiny. Řadu projektů věnujícím se tomuto tématu přehledně popsala Simona D'Oca[73].

V českých podmínkách byl vyvíjen a otestován systém MORE-CONNECT, který je kromě rozvodů teplovzdušného vytápění v tepelně-izolačních panelech umožňuje instalaci nových rozvodů teplovodního vytápění, elektřiny, datových linek internetu nebo kabelové televize v rámci nové vrstvy přiléhající k původní fasádě. Celý proces rekonstrukce pak trvá významně kratší dobu - uvažuje se o přibližně dvou týdnech pro běžný zděný čtyřpodlažní bytový dům a cílem je dosažení energeticky nulové úrovně rekonstrukce[74]. Systém obsahuje kompletní sadu panelů včetně soklových nebo střešních s integrovanými fotovoltaickými panely.

[73] Simona D'Oca et al., „Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects", Buildings 8, č. 12 (prosinec 2018): 174, https://doi.org/10.3390/buildings8120174.

[74] „MORE-CONNECT", MORE-CONNECT, viděno 25. červenec 2017, http://www.more-connect.eu/; Martin Volf, Antonín Lupíšek, a Petr Hejtmánek, „Modular solutions for deep energy retrofitting – introduction and progress of MORE-CONNECT project", in *Passivhaus Tagung Konferenz 2017*, roč. 21 (Passivhaus Tagung 2017, Wien: Passive House Institute, 2017).

Obrázek 26 - Experimentální objekt MORE-CONNECT při osazování panelů



Zdroj: UCEEB

Experimentální objekt MORE-CONNECT při osazování panelů (nahoře) a hotový objekt s integrovanou fotovoltaickou střechou (dole).

5.2. Solární komíny a větrné věže

Principem solárních komínů je vytvoření rozdílu tlaku vzduchu jeho ohříváním. Teplý vzduch v komíně stoupá nahoru a může sloužit jako přívod předehřátého čerstvého vzduchu do interiéru v zimním období, nebo zahřátý znečištěný vzduch může v létě odcházet komínem do exteriéru a vytvářet ve spodní části komínu podtlak. Příkladem realizovaných solárních komínů je například Manitoba Hydro Place v kanadském Winnipegu (KPMB Architects)[75] nebo Lycée Charles de Gaulle v syrském Damašku[76], co dokazuje jejich použitelnost v různých klimatických podmínkách.

Podobně jako solární komíny využívají energii slunce na rozproudění vzduchu v interiéru budovy, ve větrných oblastech k tomu mohou sloužit větrné věže využívající energie větru. Způsob jejich fungování může být různý. Vítr může například vrcholem věže pouze procházet bez toho, aby se vzduch přes věž dostával do interiéru. Tím se ve věži vytváří podtlak nutící vzduch z interiéru proudit věží do exteriéru. Podobný princip dnes využívají rozprašovače čistících přípravků v domácnostech. Příklady použití této technologie v moderní architektuře je například již zmíněné Lycée Charles de Gaulle v syrském Damašku, nebo Global Ecology Center, Carnegie Institution for Science v kalifornském Stanfordu[77].

Solární komíny a větrné věže vycházejí ve svém provedení, použitých materiálech a velikosti vždy ze specifického návrhu pro danou budovu a lokalitu. Můžou být například zděné nebo prosklené. Můžou stát samostatně, nebo být vytvořené pomocí předsazené konstrukce na fasádě, případně můžou být součástí střešní konstrukce. Ekonomické aspekty výstavby jsou proto velmi různorodé. Požadavky na přesnost výstavby jsou totožné s požadavky na zvolenou technologii k jejich výstavbě (zděné konstrukce, zasklení, atd.).

Z uvedených příkladů je pro české prostředí nejzajímavější realizace Manitoba Hydro Place v kanadském Winnipegu (KPMB Architects) zejména z pohledu vnějších okrajových podmínek (ostatní realizace jsou zejména ve výrazně teplejších podnebích). Tato 24-podlažní (výška 88,6 m/98,6 m při započtení technických podlaží na střeše) administrativní budova disponuje podlahovou plochou 64 591 m^2. Její solární komín dosahuje výšky 117m. Důvodem této výšky je optimalizace Sluncem ohřívané plochy komínu, který je umístěný na severní straně objektu.

Cena stavby včetně projektu představovala v roce 2009 přibližně 4,5 miliardy Kč. Výstavbou solárního komínu narostla plocha fasády budovy o přibližně 8 % a v typickém podlaží zabírá solární komín pouze 1,5 % podlahové plochy. K nákladům na funkčnost solárního komínu je ale nutno připočíst také náklady na jeho projektovou přípravu (simulace, optimalizace velikosti a vnitřního uspořádání budovy), instalaci manuálních větracích klapek ve zbytku fasády, čidel a systému řízení. V porovnání s výstavbou solárního komínu pro jednu experimentální místnost, kde se cena její

[75] „Manitoba Hydro Place | Transsolar | KlimaEngineering", viděno 9. červenec 2020, https://transsolar.com/projects/manitoba-hydro.
[76] „Lycée Charles de Gaulle Transsolar KlimaEngineering", Austria-Architects, viděno 9. červenec 2020, https://www.austria-architects.com/sv/projects/view/lycee-charles-de-gaulle.
[77] „Environmental innovation seen in new building", viděno 9. červenec 2020, https://news.stanford.edu/news/2004/april14/building-414.html.

výstavby zvýšila o 20 % (nezahrnuty projekční práce)[78] lze ale konstatovat, že s velikostí stavby výrazně klesá podíl výstavby solárního komínu na celkové ceně stavby.

Obrázek 27 - Manitoba Hydro Place (Paul Hultberg) [79]



Zdroj: UCEEB

[78] P Raman, Sanjay Mande, a V. V. N Kishore, „A Passive Solar System for Thermal Comfort Conditioning of Buildings in Composite Climates", Solar Energy 70, č. 4 (1. leden 2001): 319–29, https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00147-X.

[79] „Manitoba Hydro Place", prairie architects inc., viděno 20. listopad 2020, https://www.prairiearchitects.ca/manitoba-hydro-place.

Dle publikovaného článku[80] je v zimě vzduch do interiéru budovy Manitoba Hydro Place přiváděn pomocí mechanického záplavového větrání. Solární komín je v provozu od dubna do října. V tomto období umožňuje přirozené větrání objektu od 20 % času v červenci do 89 % v červnu. V ročném pohledu je objekt větrán přirozeně po 35 % času. Podle měření v únoru 2012 byla spotřeba elektřiny na provoz ventilátorů 7,0 kWh/(m^2.a). To tedy představuje 452 MWh. Pokud uvedená hodnota 35 % provozní doby odpovídá i 35 % spotřeby energie ventilátory, snížil solární komín spotřebu elektrické energie o 243 MWh ročně.

5.3. LaWin: Large-area Fluidic Windows – kapilární sklo

Projekt H2020:637108[81] vedl k vývoji transparentního kapilárního skla rozměrů do 2,0 x 1,5 m. Jeho tloušťka se odvíjí od standardních tlouštěk skel používaných v izolačních dvojsklech a trojsklech. V kapilárním skle proudí kapalina, díky které může v závislosti na poloze v okně/fasádě sklo plnit dvě funkce. Při umístění na exteriérovou stranu se z něj stává solární kolektor, při umístění na interiérové straně může plnit funkci otopného/chladicího tělesa podle teploty přiváděné kapaliny.

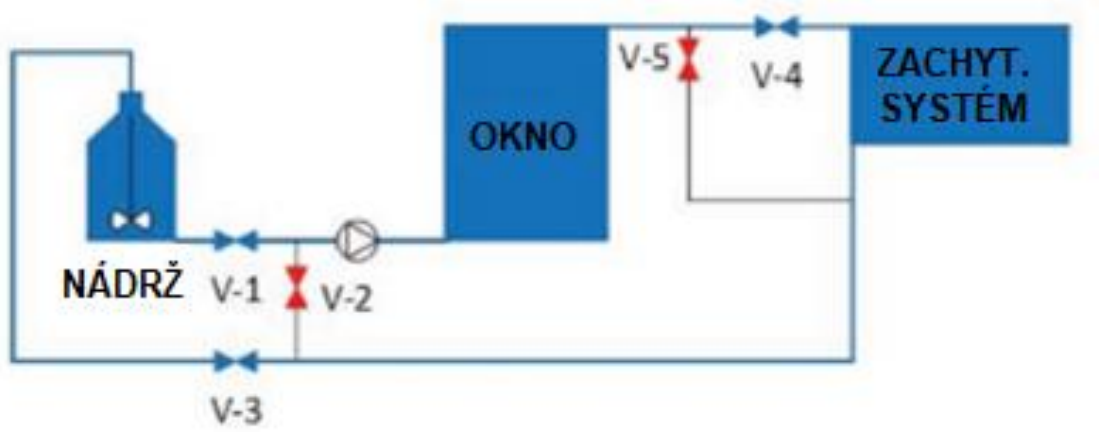
V konsorciu řešitelů projektu složeného z výzkumných institucí a industriálních partnerů sestávalo z největší části z institucí sídlících v Německu. Další partneři sídlili v Belgii, Rakousku a v České republice. Lze tedy předpokládat, že výstup projektu s ohledem na způsob výstavby je tedy ve velké míře kompatibilní s podmínkami v České republice.

V optimálním případě proudí kapilárním sklem magneticky aktivovaná kapalina. Ta obsahuje magnetické nanočástice, které svým zabarvením zvyšují účinnost sběru sluneční energie a snižuje množství přímého slunečního záření prostupujícího do interiéru a tím zvyšují vizuální komfort uživatel (redukcí oslnění). Magnetismus těchto částic umožňuje regulaci jejich množství v kapalině a tím také regulaci zastínění a tepelného výkonu systému. Takovýto systém potom sestává ze čtyř hlavních částí: aktivního okna, nádrže, čerpadla a systému zachytávání nanočástic (viz obrázek níže).

[80] Tom Akerstream, Alexander Knirsch, a Mark Pauls, „Manitoba Hydro Place: Energy Efficiency 2.0", ASHRAE Transactions 119, č. 1 (1. leden 2013), https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=00012505&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA331927990&sid=googleScholar&linkaccess=abs.

[81] „Zur Bewertung klimatisch beanspruchter geklebter Glasverbindungen - Sirtl - 2017 - ce/papers - Wiley Online Library", viděno 9. červenec 2020, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cepa.26; „Http://Www.Lawin.Uni-Jena.de/En/Startpage/", viděno 9. červenec 2020, http://www.lawin.uni-jena.de/en/startpage/.

Obrázek 28 - Schéma systému LaWin [82]



Zdroj: UCEEB

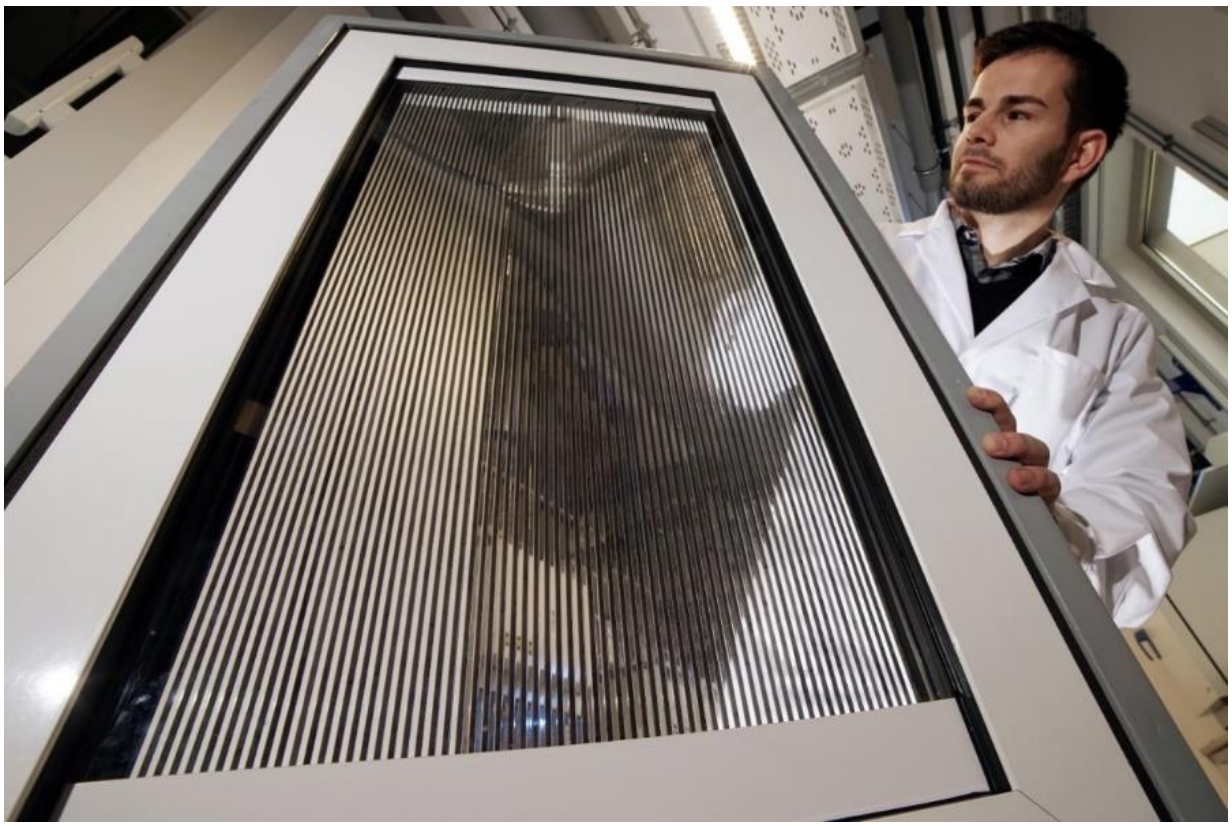
5.3.1. Požadavky na výrobu[83]

Nízkonákladová výroba samotného kapilárního skla sestává z vytvoření kapilár v běžném sodnovápenatém skle pomocí implementace procesu válcování na výstupu z tavní linky. Kapiláry ve skle pak vznikají spojením s deskou z hlinitokřemičitého skla s nízkým obsahem železa a adaptovaným koeficientem teplotní roztažnosti pro zajištění stability. Vzniklé kapiláry mají v příčném řezu přibližně 3 mm^2 a vzdálené jsou od sebe 3 mm. Objem kapaliny v ploše zasklení je tedy přibližně 1 cm^3/m^2. Po vytvoření kapilár je nutná vizuální kontrola případného vlnění, nebo poruch skla. Výsledné kapilární sklo může nabývat tloušťku 4-6 mm, která je běžně používaná ve standardních zasklívacích jednotkách. Zasklívací jednotka si vyžaduje přidání kolektorů kapaliny ve svojí horní a dolní části, které jsou viditelné na obrázku prototypu okna níže. Velikost kapilárního skla je v současnosti omezena na rozměry 2000 mm × 1275 mm.

[82] Benjamin P. V. Heiz et al., „A Large-Area Smart Window with Tunable Shading and Solar-Thermal Harvesting Ability Based on Remote Switching of a Magneto-Active Liquid", Advanced Sustainable Systems 2, č. 1 (2018): 1700140, https://doi.org/10.1002/adsu.201700140.

[83] Heiz et al.

Obrázek 29 - Prototyp okna s LaWin zasklívací jednotkou [84]



Zdroj: UCEEB

Systém zachytávání magnetických nanočástic je v tuto chvíli pořád zdokonalován. Pro experimentální účely na výše popsaném vzorku byl na základě matematických modelů vytvořen systém sestávající z devíti zahnutích trubice kolem dvaceti rovnoměrně rozmístěných stálých magnetů s intenzitou magnetického pole 1,26 T. Magnety se otáčejí do polohy „zapnuto“ a „vypnuto“ a v kombinaci s otevíráním/zavíráním ventilů v systému oběhu nemrznoucí kapaliny snižují/zvyšují množství nanočástic. Rychlost oběhu kapaliny v systému ovlivňuje množství zachytitelných nanočástic – čím rychleji kapalina proudí, tím menší podíl nanočástic se z oběhu vyloučí.

[84] „Smart Windows Channel Magnetic Fluids to Shade and Heat Rooms", New Atlas, 17. leden 2018, https://newatlas.com/fluidic-windows-iron-particles/53003/.

5.3.2. Ověření konceptu [85]

Simulací na matematickém modelu byly vyhodnoceny dvě návrhové situace: typický den v zimním období a typický den v přechodném období. Okrajové podmínky simulace jsou popsané v tabulce níže. Simulace byla provedena na modelu místnosti rozměrů 6×4×3 m. Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí místnosti byly zvoleny dle tabulky. Do jedné z kratších stěn byly v modelu osazeny dvě zasklívací jednotky maximálních výrobních rozměrů 2000 mm × 1275 mm s kapilárním sklem na interiérové straně (zimní provoz, režim vytápění) a na exteriérové straně (provoz v přechodném období, režim stínění a sběru solární energie).

Tabulka 3 - Přehled okrajových podmínek simulace

Veličina [jednotka]	Zimní období	Přechodné období
teplota venkovního vzduchu $\vartheta_{a,e}$ [°C]	-5	20
vnitřní tepelné zisky Q_i [W/m2]	10	0
Intenzita záření na svislou rovinu zasklení I_{sol} [W/m2]	100	200
Intenzita větrání n [1/h]	0,5	1,0
Průtok kapaliny systémem Q_v [l/h]	20	20
Teplota kapaliny na vstupu $\vartheta_{kapalina}$ [°C]	23	20

Tabulka 4 - Součinitele prostupu tepla konstrukcí v simulaci

Konstrukce	U [W/(m^{2}K)]
Stěna vnější	0,28
Stěna interiérová	0,23
Podlaha	0,35
Strop	0,35
Okno	0,80

[85] Heiz et al., „A Large-Area Smart Window with Tunable Shading and Solar-Thermal Harvesting Ability Based on Remote Switching of a Magneto-Active Liquid".

Výsledky simulace jsou shrnuty v tabulce níže. V obou návrhových stavech je uvažováno jak s průhlednou oběhovou kapalinou, tak s oběhovou kapalinou s obsahem magnetických nanočástic. Výsledky jsou uvedeny pro teplotu vnitřního vzduchu $\vartheta_{i,a}$ [°C] a teplotu oběhové kapaliny na výstupu ze zasklení $\vartheta_{k,v}$ [°C].

Tabulka 5 - Výsledné teploty dle simulace

Veličina [jednotka]	Zimní období		Přechodné období	
	Bez nanočástic	S nanočásticemi	Bez nanočástic	S nanočásticemi
$\vartheta_{i,a}$ [°C]	22	20,3	30,8	22,3
$\vartheta_{k,v}$ [°C]	22	21,7	20,8	27,1

Simulace konceptu ukázala, že v zimním období mají nanočástice v oběhu za následek pokles teploty vnitřního vzduchu, kvůli odstínění solárních zisků. V přechodném období ale nanočástice kromě stínění a tím zvýšeného vizuálního komfortu, výrazně přispívají i k teplotnímu komfortu uživatel a zvyšují teplotní výkon soustavy, který může být využitý například pomocí tepelného výměníku pro přípravu TUV.

5.3.3. Kompletace dílců, výhody a možná slabá místa

Při případné implementaci vyvíjeného systému bude v budoucnu nutné hledět na potřebu fixního zasklení kvůli zabezpečení spojů rozvodů. Samotný systém si vyžaduje vlastní rozvody pro oběhovou kapalinu, nádrž na oběhovou kapalinu podle plochy instalovaného kapilárního zasklení a klade také prostorové nároky na umístění systému zachytávání nanočástic a tepelného výměníku.

Výhodou systému LaWin je oproti standardním zasklením s proměnnou propustností slunečního záření, například pomocí fotoelektrického zasklení, využití sluneční energie pro potřeby budovy například na ohřev TUV. V kombinaci s moderní architekturou často využívající velké prosklené plochy představuje LaWin vysoký potenciál pro generaci obnovitelné energie – autoři projektu uvádějí potenciál 360 kWh/(m^2.a).[86] Odpadají také potřebná připojení k elektrické síti (ty jsou ale nahrazeny rozvody kapaliny). Možnou nevýhodou je v tuto chvíli nemožnost regulovat propustnost slunečního záření jednotlivých okenních otvorů podle potřeb uživatel. Slabým místem z pohledu přestupu tepla můžou představovat kolektory kapaliny v zasklívací jednotce, které v dostupných podkladech nejsou popsané.

[86] Heiz et al.

5.3.4. Potenciál na trhu v EU [87]

Autoři projektu uvádějí potenciál 2 % z produkce zasklení na Německém trhu, co podle nich představuje 65 milionů EUR ročně. Rizikem z pohledu investora může být navýšení ceny produkce zasklení a fasády při současném snížení množství potenciálních dodavatelů. Cena za systém a jeho prvky v tuto chvíli nejsou známé.

Nejzajímavějším segmentem pro implementaci vyvinutého zasklení jsou velké budovy se značnou mírou prosklení, jako administrativní budovy, školy a obchodní centra.

5.4. Powerskin+

Projekt Powerskin+ (H2020:869898)[88] se zabývá integrací pokročilých izolačních materiálů, systémů generujících obnovitelnou energii a její ukládání do modulárního fasádního systému pro nerezidenční budovy. Vyvíjené jsou transparentní moduly integrující transparentní perovskite články pro generaci elektrické energie a funkční povlaky zajišťující kromě jiného samočištění, pohlcování nebo odrážení světla a sluneční energie; neprůhledné moduly využívající aktivní vakuové izolace a PCM; a v neposlední řadě nový rám modulového systému na bázi bioplastů. Nový systém má vést zejména k možnosti zlepšení energetické efektivity nerezidenčních budov jak při jejich rekonstrukcích, tak při nové výstavbě snižováním energetické zátěže a generací obnovitelné energie využitelné přímo v budově.

5.5. Energeticky pozitivní renovace pomocí prefabrikované fasády: Kapfenberg

Projekt koordinovaný firmou AEE INTEC se zaměřil na renovaci obytné budovy v Rakouském Kapfembergu postavené v šedesátých letech dvacátého století. Renovace objektu s původními prefabrikovanými betonovými sendvičovými fasádními panely a různými zdroji tepla (centrální vytápění plynem, elektrická kamna a kamna na uhlí, akumulační plynové kamna atd.) byla provedena v letech 2012-2014.[89]

Obytná budova sestává celkem ze 4 podlaží s byty o velikosti 59 až 88 m^2. Obdélníkový půdorys objektu disponuje celkovou podlahovou plochou 2 845 m2 a obestavěný prostor je 8 538 m^3.

[87] „LaWin: final report business model innovation", viděno 20. listopad 2020, https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5b96e9cca&appId=PPGMS.

[88] „Home | Powerskin+", viděno 9. červenec 2020, https://www.powerskinplus.eu/home; „Highly advanced modular integration of insulation, energising and storage systems for non-residential buildings | POWERSKIN PLUS Project | H2020 | CORDIS | European Commission", viděno 9. červenec 2020, https://cordis.europa.eu/project/id/869898.

[89] Jose Santos, „PlusEnergy Building Renovation with Prefabricated Thermal Façade Elements: Kapfenberg", Text, Build Up, 17. srpen 2015, https://www.buildup.eu/cs/node/45373.

Hlavním prvkem rekonstrukce byly prefabrikované fasádní dílce vysoké přibližně 12 metrů a široké 3 metry s integrovanými okny, která byly přikotvena ke stávající fasádě. Nová prefabrikovaná fasáda byla adaptována na integraci nových rozvodů a systémů TZB – viz obrázek. Zároveň byly do prefabrikovaných dílců integrovány fotovoltaické panely a solární kolektory pro výrobu obnovitelné energie.

Z pohledu požadavků na výrobu platí již popsané v kapitole 1 věnující se prefabrikaci. Klíčovým bylo zejména přesné zaměření stávajícího stavu objektu a transport výsledných panelů.

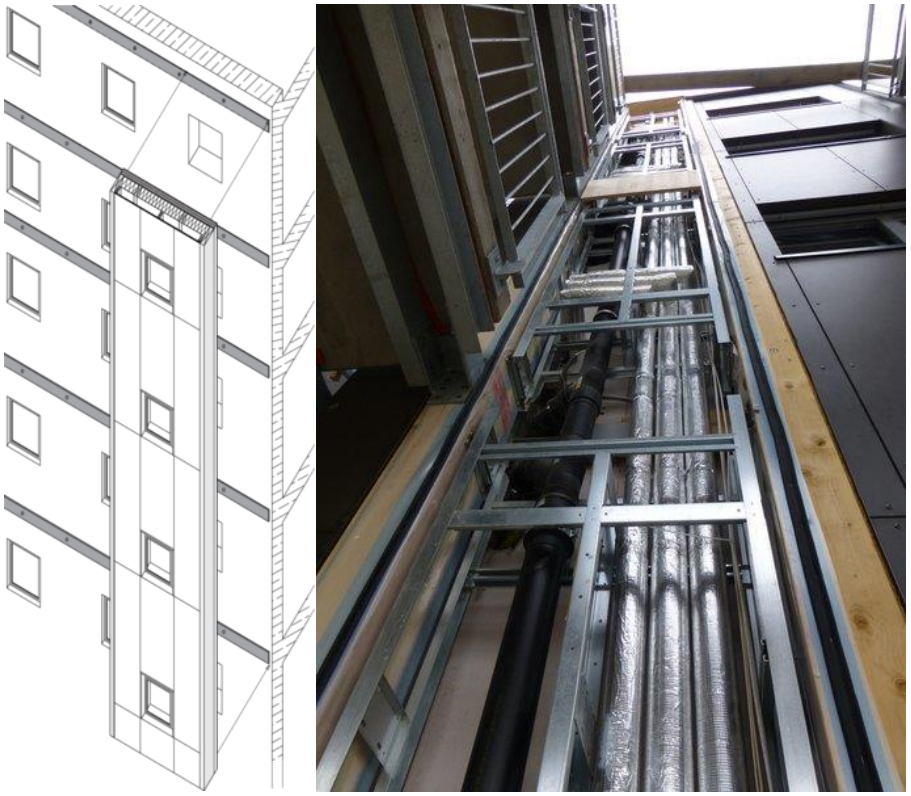
Finanční rozvaha[90] projektu uvádí následující ceny jednotlivých částí renovace zaměřených na energetickou efektivitu:

- Prefabrikované fasádní elementy 260 €/m^2 fasády celkem: 380 380 €
- Okna 609 €/m^2 oken celkem: 215 586 €
- Nová střecha 155 €/m^2 střechy celkem: 110 205 €
- Centrální vytápění celkem: 14 950 €
- Systém ohřevu TUV celkem: 57 600 €
- Solární kolektory včetně akumulační nádrže celkem: 62 120 €
- Fotovoltaické panely celkem: 232 740 €
- Systém větrání s rekuperací celkem: 171 620 €

Při předpokládaných finančních úsporách pomocí dynamické investiční metody je doba návratnosti přibližně 26 let. Tato hodnota je výrazně vyšší, jako běžně dosahovaných 10-15 let při použití standardního kontaktního zateplovacího systému. Cena realizace kontaktního zateplovacího systému představuje v Rakousku přibližně 120 €/m^2.

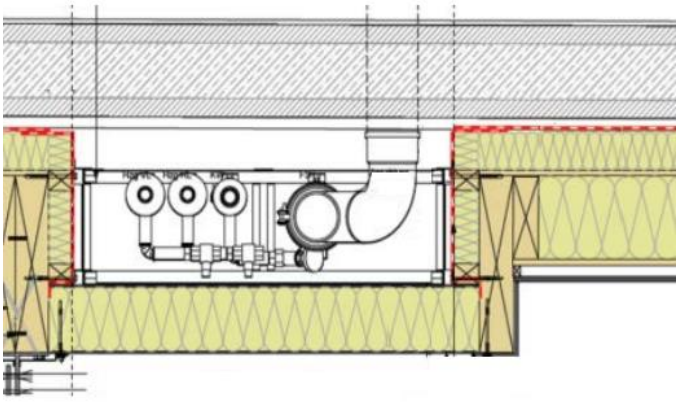
[90] „Annex_61_SubTask_A_CaseStudies_2017-12-18.pdf", viděno 23. listopad 2020, https://iea-annex61.org/files/results/Annex_61_SubTask_A_CaseStudies_2017-12-18.pdf.

Obrázek 30 - Axonometrie instalace fasádního panelu (vlevo) a detail vedení systémů TZB ve fasádě před zaklopením tepelnou izolací (vpravo) [91]



Zdroj: UCEEB

Obrázek 31 - Půdorysný detail zateplení exteriérových instalačních šachet [92]



Zdroj: UCEEB

[91] „Wohnhausanlage Johann-Böhm-Straße, Kapfenberg⁄A", proHolz Austria, viděno 23. listopad 2020, https://www.proholz.at/bauen-mit-holz/sanierungen/wohnhausanlage-johann-boehm-strasse-kapfenberg/-a.

[92] „Annex_61_SubTask_A_CaseStudies_2017-12-18.pdf".

6. POUŽÍVÁNÍ PŘÍRODNÍCH A RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮ

Využití přírodních stavebních materiálů ve stavebnictví se v posledních letech opět dostává do povědomí investorů, architektů, projektantů i běžných uživatelů. Vedle průmyslově vyráběných stavebních materiálů se tak začínají opět častěji využívat i ty přírodní. Jejich aplikace může být jak tradiční, lety prověřené technologie našich předků, tak i novodobá, díky modernizaci a výzkumu v daném oboru. Mezi hlavní pozitiva využití přírodních materiálů patří jejich nízký environmentální dopad dík jejich obnovitelnosti a také schopnost zvyšovat uživatelský komfort a zdraví obyvatel. Potenciál globálního oteplování, který ukazuje svázané emise CO_2, je oproti materiálům z neobnovitelných surovin, u materiálů přírodních záporný, nebo blízký nule. To znamená, že během životního cyklu (růstu) se uložilo více CO_2 do rostlinných tkání, než se uvolnilo při samotné výrobě materiálu.

Přírodní materiály můžeme dělit na organické a anorganické, dále pak dle původu na rostlinné, či živočišné. Jejich využití můžeme najít pro nosné konstrukce (především dřevo, dále pak dusaná nepálená hlína, konopný beton, sláma), tepelně-izolační vrstvy, parotěsné a vzduchotěsné vrstvy (hliněná omítka, OSB desky, voskovaný papír), vnější povrchové a vnitřní povrchové vrstvy (slaměné nebo rákosové došky, šindel, břidlice, zelené střechy, hliněné omítky, dřevěný či kamenný obklad, nepálená cihla nebo dusaná nepálená hlína). Tepelně izolační přírodní materiály můžeme rozdělit na rohože a měkké desky (konopí, len, dřevovláknitá izolace, ovčí vlna), sypké a foukané (celulóza, dřevolákno a další rostlinné rozvláknitelné materiály) a kompaktní izolační desky (dřevovlákno, korek, sláma).

Současné technologie umožňují nahradit až 82 % (vztaženo na celkovou hmotnost) standardních materiálů za čistě přírodní nebo obnovitelné[93].

Jako osvědčenou technologií se v posledních letech stává prefabrikace konstrukcí. Využití prefabrikovaných dusaných panelů z nepálené hlíny můžeme vidět ve skladovací hale Ricola Herb Centre ve Švýcarsku[94], prefabrikované stěnové a stropní slaměné panely na trh dodává mimo jiné firma Ecococon, celý stěnový systém s tepelnou izolací ze slámy včetně hliněných omítek vyrábí RainbowEcosystem[95], lisované slaměné panely polepené recyklovanou lepenkou vyrábí firma Ekopanely[96]. Mezi již obvyklé prefabrikované systémy bezesporu patří také systémy využívající konstrukční materiál z masivního dřeva na principu CLT.

Současné stavebnictví jde pozvolna ještě dál a na trh se dostávají také celé prefabrikované dřevěné obvodové pláště. Dobrým příkladem je panel Envilop, který přináší rychlé a uhlíkově neutrální řešení lehkých obvodových plášťů pro vícepodlažní objekty[97]. Obdobné využití lze spatřit na

[93] "100 % biobased transition House“, viděno 10. července 2020, http://www.sustainablebuilding.info/ biobasedhouse/
[94] „EcoCocon - Healthy housing".
[95] „Rainbow Ecosystem — Innovative Solutions for Eco Construction", rainbowecosystem, viděno 10. červenec 2020, https://rainbowecosystem.com/.
[96] „ekopanely cz", ekopanely cz, viděno 10. červenec 2020, https://www.ekopanely.cz/.
[97] „Dřevěné obvodové pláště Envilop", *WOODRISE* (blog), viděno 10. červenec 2020, http://woodrise.cz/drevene-obvodove-plaste/.

experimentálním projektu TiCo, který se zaměřil na prefabrikaci nosné železobetonové konstrukce ve spojení s prefabrikovaným obvodovým pláštěm na bázi dřeva[98].

Při zmínce o vícepodlažních budovách nelze opomenout současný trend výstavby výškových budov s využitím dřeva jako přírodního materiálu. Příkladem může být projekt 24podlažní dřevostavbyHoHo (Wooden tower) ve Vídni[99], nebo také 350m budova W350 v Tokyu[100]. Realizace takto odvážných projektu ovšem v České republice naráží na dosavadní požární normy.

Kromě nízké uhlíkové stopy přírodních materiálů a tím i výrazně menšího negativního vlivu na životní prostředí se tyto stavební materiály mohou pyšnit řadou dalších pozitivních vlastností. Nepálená hlína má velmi dobré tepelně a vlhkostně akumulační vlastnosti, dřevovláknité a konopné izolace mají vysokou tepelnou kapacitu, tudíž při jejich aplikaci do podstřešních prostor nedochází k tak výraznému přehřívání podkrovních místností. Většina používaných přírodních materiálů má v ČR lokální zdroje, proto environmentální dopad přepravy je velmi nízký. V neposlední řadě jsou přírodní materiály dobře recyklovatelné a v případě, že je již nelze znovu využít ve stavebnictví, mohou se uplatnit v jiných oborech (např. v energetice, zemědělství) anebo můžou být vráceny do přírody, aniž by negativně zatížily životní prostředí.

Produkce výrobků z primárních surovin čerpá zásoby přírodních zdrojů, ovlivňuje krajinu, životní prostředí a ekosystémy. Skládkování zabírá půdu, kterou je možné využít jinak a lépe a zároveň také ovlivňuje vzhled krajiny, životní prostředí a ekosystémy v místě skládky. Využití recyklovaných materiálů ze stavebních a demoličních odpadů tak nejen šetří přírodní zdroje, ale zároveň šetří místo nutné pro skládkování. “Povýšení” této v tuto chvíli převážně odpadní suroviny na druhotnou surovinu, kterou je možné použít jako plnohodnotnou náhradu primární suroviny je celosvětově jedním z dlouholetých cílů. Existuje proto nesčetně výzkumných aktivit, článků a odborných publikací, které se věnují především využití minerálních stavebních a demoličních odpadů zpět do stavebních výrobků jako jsou odpadní betony či cihly, které mají ve stavebních a demoličních odpadech (SDO) nejvyšší zastoupení. V posledních letech se však začaly vzhledem k přechodu na oběhové hospodářství řešil i další materiály vyskytující se v SDO. Postupem času se výsledky těchto výzkumů začínají promítat i do praxe, především v souvislosti s tím, jak se tenčí zásoby primárních zdrojů, ale také se zvyšujícími se poplatky za skládkovné. Existuje proto mnoho zemí, kde jsou recyklační společnosti poměrně velkým hráčem na trhu.

Dosavadní zkušenosti s využitím recyklovaných materiálů ze stavebních a demoličních odpadů ukazují, že základem je sofistikovaný postup třídění při výstavbě a demolici, kdy jsou jednotlivé materiály od sebe odděleny a roztříděny. Několik států EU má svůj systém, jak správně demolovat a recyklovat stavby. Například v Rakousku jde o normu, která popisuje, jak provádět demontáž stavby na základě předdemoličního auditu. Zhodnotí se objemy materiálů a určí se jejich další

[98] „TICO - Flexible Construction System on Basis of Timber and High-Performance Concrete Structures for Energy Efficient Residential Buildings", UCEEB, 23. prosinec 2016, https://www.uceeb.cz/en/projects/tico-flexible-construction-system-basis-timber-and-high-performance-concrete-structures.

[99] „HoHo Vienna - Wooden tower - Woschitz Group", viděno 10. červenec 2020, https://www.woschitzgroup.com/en/projekte/hoho-vienna-wooden-tower/.

[100] „World’s Tallest Timber Tower Proposed for Tokyo", Dezeen, 19. únor 2018, https://www.dezeen.com/2018/02/19/sumitomo-forestry-w350-worlds-tallest-wooden-skyscraper-conceptual-architecture-tokyo-japan/.

zpracování. Ve Francii funguje podobný systém, kdy se identifikuje odpad a následně se určí, jak s ním zacházet. Dalším evropským státem s podobnou směrnicí je Švédsko. V Belgii, kde je nedostatek primárních zdrojů, a to především kameniva vznikl sofistikovaný systém, který mapuje původ odpadů ze staveb, a to především těch inertních, tak aby bylo možné určit environmentální rizika spojená s tímto odpadem. V České republice je k dispozici metodický pokyn MŽP pro demolici staveb.

Předpokladem pro využívání recyklovaných materiálů ze stavebních a demoličních odpadů je platná legislativa využití těchto materiálů a vznikající platformy sdružující více společností pro zpětný odběr odpadů se staveb a demolic. Příkladem je sběr desek na bázi sádry (program GypsumToGypsum – Belgie[101]), dále recyklované dřevo používané na výrobu různých druhů desek na bázi dřeva (European Panel Federation[102]) nebo recyklace plochého skla a rámů plastových oken (program Rewindo[103]).

6.1. Přírodní materiály ve stavebních konstrukcích

Jedná se o materiály s velmi malou uhlíkovou stopou, převážně na rostlinné nebo anorganické bázi:

- Dřevo
  - nosné prvky (KVH profily, rostlé dřevo, CLT panely, dřevěné I nosníky, …)
  - deskové materiály (OSB, MDF, HDF, dřevotříska, překližka, lamino, dřevo-cementové, …)
  - obkladové materiály (thermowood, WPC, rostlé dřevo, ...)
  - tepelná izolace (dřevovláknitá izolace desková, foukaná, …)
- Nepálená hlína
  - omítky (vnitřní i vnější)
  - panely (deskový materiál)
  - nepálená cihla (zdící materiál)
  - dusané stěny (možnost i prefabrikovat)
  - podlahy z nepálené hlíny
- Sláma
  - tepelná izolace vložená do konstrukce
  - prefabrikovaný nosný panel (stěnový, střešní)
  - ekopanel (deskový materiál)
- Konopí
  - tepelná izolace
  - hempcrete (směs do bednění nebo zdící tvarovky)

[101] „Gypsum to Gypsum", viděno 10. červenec 2020, https://gypsumtogypsum.org/.
[102] „European Panel Federation", viděno 10. červenec 2020, https://europanels.org/.
[103] „Home", Rewindo, viděno 10. červenec 2020, https://rewindo.de/.

- Ovčí vlna
  - tepelná izolace
- Rákos
- Korek
  - tepelná izolace
  - akustická izolace

6.2. Odpadní materiál ze stavby

Tyto materiály nebyly nikdy zabudovány. Jde o zbytky materiálů, odřezky, materiály, u kterých došlo k poškození.

- zdicí bloky z keramických materiálů,
- zdicí bloky z betonů, lehčených betonů a dalších materiálů (betonové bloky, ztracené bednění, pórobetony, polystyrenbetony, keramzitbetony, vápenopískové zdicí bloky),
- odřezky tepelné a akustické izolace (EPS, minerální izolace, dřevovláknitá izolace),
- desky na bázi sádry (SDK, sádrovláknité desky),
- desky na bázi dřeva (OSB, dřevotřískové desky, dřevocementové desky),
- masivní dřevo (latě, prkna, fošny, hranoly),
- plasty, plastové obaly, kovy.

6.3. Odpadní materiál z demolice

Jde o materiály, které byly zabudovány do stavby a jsou tedy znečištěny a znehodnoceny používáním:

- Betony a železobetony
  - využití recyklovaného betonového kameniva do silničních panelů využitelných například pro místní komunikace a cyklotrasy (TAČR EPSILON 2 TH02030649 „EESDOK“[104])
  - CAPE BRICK (JAR) – betonové prvky (zdicí plné, dutinové, vylehčující stropní vložky) až s 60 % recyklovaného kameniva[105].
- Cihelný a suťový SDO

[104] „EESDOK - Environmentally Efficient Construction and Demolition Waste for Structures", UCEEB, 3. leden 2017, https://www.uceeb.cz/en/projects/eesdok-environmentally-efficient-construction-and-demolition-waste-structures.
[105] „Home", *Cape Brick* (blog), viděno 10. červenec 2020, https://capebrick.co.za/.

- využití recyklovaného cihelného kameniva do zdících bloků a základových prvků využitelných pro suché zdění jednopodlažních staveb (MPO TRIO FV 10397 „RENCO“[106])
- recyMBlock (Belgie) – zdicí prvky (plné a dutinové) s obsahem směsného a cihelného recyklovaného kameniva až do výše 95 %[107]
- rebetong (ČR) – zdicí prvky pro suché zdění s obsahem betonového či směsného recyklovaného kameniva až do výše 95 %[108]

- Sádrokartonové desky
  - recyklace sádrokartonových desek a nová materiálová využití s přidanou hodnotou (MPO TRIO FV30359)
- zdicí bloky z keramických materiálů
- tepelné a akustické izolace (EPS, minerální izolace)
- dřevo a desky na bázi dřeva (okenní rámy, dveře, latě, krokve, trámy, dřevěné bednění, OSB, dřevotřískové desky, dřevocementové desky) – Europanels, Kronospan
- výplně otvorů (plastové rámy, ploché sklo) - program REWINDO
- sanitární keramika, keramická dlažba
- nepálená hlína (nepálené cihly, tzv. vepřovice) - snadná opětovná recyklace, nebo uložení zpět do přírody
- sláma - rychlý biologický rozklad kompostováním

6.4. Odpadní materiál z ostatních druhů odpadů

Jde o materiály, které se třídí z komunálního odpadu a po úpravě/recyklaci se využívají jako vstupní surovina pro výrobu stavebních výrobků:

- papír – foukaná tepelná izolace (celulóza), vlákna z recyklovaného papíru používaná jako výztuž,
- sklo – tepelné izolace (skelná vata, pěnové sklo), foukaná skleněná vlna, lehčené kamenivo, skelná vlákna používaná jako výztuž,
- plasty

Recyklované PVC – podlahy a fasádní obklady z recyklovaného PVC, tvrdá pěna z recyklovaného PVC, folie z měkčeného PVC

[106] Jan Pešta et al., „Sustainable Masonry Made from Recycled Aggregates: LCA Case Study", *Sustainability* 12, č. 4 (leden 2020): 1581, https://doi.org/10.3390/su12041581; Tereza Pavlu et al., „The Utilization of Recycled Masonry Aggregate and Recycled EPS for Concrete Blocks for Mortarless Masonry", *Materials (Basel, Switzerland)* 12, č. 12 (14. červen 2019), https://doi.org/10.3390/ma12121923.

[107] Luc Boehme, „RecyMblock - Application of Recycled Mixed Aggregates in the Manufacture of Concrete Construction Blocks", in *SB11 HELSINKI World Sustainable Building Conference* (Finnish Association of Civil Engineers RIL and VTT Technical Research Centre of Finland; Helsinki, Finland, 20111018), 2038–2047, https://lirias.kuleuven.be/retrieve/161353.

[108] „Rebetong", www.skanska.cz, viděno 10. červenec 2020, https://www.skanska.cz/co-delame/specialni-cinnosti/vyroba-dodavka-a-cerpani-betonu/rebetong/.

Recyklovaný plast z komunálního odpadu – plotovky, zatravňovací dlažba, terasy a další
Recyklovaný polyester – Geotextilie
Recyklované interiéry aut – Akustické izolace

- kompozitní obaly – deskové konstrukční prvky, střešní krytina,
- pneumatiky (recyklovná pryž a guma) - průmyslové podlahy, balkony a terasy, vibroizolace.

6.5. Zhodnocení technické specifikace vybraných přírodních a recyklovaných materiálů a příklady z praxe

6.5.1. Dusaná nepálená hlína

Na rozdíl od betonu, který se ve větším množství obvykle vyrábí v betonárce a na stavbu se dováží, materiál pro výstavbu stěn z dusané hlíny se obvykle zpracovává na staveništi. Velkou výhodou je, že často lze využít i místní odtěženou zeminu jako surovinu. Kapacita míchacího systému je pro nepálenou hlínu o něco nižší než pro beton, pohybuje se mezi cca 0,75 – 0,1 m^3. Vzhledem k variabilitě (nehomogennosti) jílových složek v hliněné směsi je potřeba dodržet potřebné pravidelné kontroly kvality. Při aplikaci dusané nepálené hlíny pomocí moderních procesů, tj. systém průběžného bednění a mechanické zhutňování, je průměrná rychlost výstavby stěny cca 1,6 hodiny/m^3. Při realizaci s omezenou mechanizací se doba výstavby a celková pracnost výrazně zvyšuje. Ruční dusání je vzhledem ke své pracnosti pro komerční výstavbu nevýhodné. [109]

Dusaná nepálená hlína je cenově srovnatelná s konvenčním zdivem, nicméně existuje několik oblastí, které mohou výslednou cenu významně ovlivnit. Jedná se především o fakt, zda je na staveništi k dispozici zemina a jaké je kvality. Tím se mohou výrazně snížit náklady na materiál a jeho dopravu.

Pomyslnou bariérou pro zavedení tohoto materiálu a technologie do praxe na českém trhu je málo zkušeností případných realizačních firem a nízké povědomí o tomto způsobu výstavby jak na straně architektů a projektantů, tak na straně veřejnosti. Zkušenosti lze ovšem získat hned za hranicemi (Rakousko, Německo), kde realizací takových budov je již větší počet. Příklady rozsáhlých realizací jsou např. Ricola Herb Centre v Laufen (Basel, Švýcarsko) od architektů Herzog & de Mueron, nebo níže podrobněji představené Návštěvnické centrum švýcarského Ornitologického institutu.

Výhody konstrukcí z dusané nepálené hlíny jsou především jejich dobrá tepelná a vlhkostní akumulace, jedná se o lokální, nízkouhlíkový materiál, který tak zatěžuje prostředí pouze velmi nízkou environmentální stopou. Dalšími výhodami je požární odolnost, dlouhá životnost a recyklovatelnost materiálu. Tento přírodní materiál navíc nevybíjí záporné ionty v interiéru.

[109] Jacinto Canivell et al., „Rammed Earth Construction: A Proposal for a Statistical Quality Control in the Execution Process", Sustainability 12, č. 7 (leden 2020): 2830, https://doi.org/10.3390/su12072830.

Nevýhodami této technologie může být vyšší pracnost a požadavky na zkušenosti projektanta i realizační firmy.

NÁVŠTĚVNICKÉ CENTRUM ŠVÝCARSKÉHO ORNITOLOGICKÉHO INSTITUTU

Ve švýcarském městě Sempach byla realizována v letech 2013-2015 budova pro Švýcarský ornitologický institut. O návrh objektu se postarala architektonická kancelář :mlzd. Objekt návštěvnického centra se nachází na břehu jezera Sempach a jeho cílem je přiblížit veřejnosti práci ornitologického institutu a život místního ptactva. Tato stavba získala mnohá ocenění, např. European Museum of the Year Award (2017), Terra Award (2016). Zastavěná plocha činí 2060 m^2 a celkové náklady na stavbu činily v přepočtu cca 350 mil Kč.

Masivní stěny z dusané nepálené hlíny tvoří samonosný vnější plášť budovy. Doplněním o jednoduché dřevěné konstrukce utváří ucelený vzhled návštěvnického centra. Budova byla postavena v souladu se standardem „Minenergie-P-eco“, který certifikuje budovy s téměř nulovou spotřebou energie, splňující nejvyšší standardy kvality, spotřeby energie a udržitelnosti. Důraz je kladen na vysoké procento využití denního světla, kvalitu vnitřního ovzduší, vysoký podíl přírodních, recyklovaných a recyklovatelných materiálů, dlouho životnost a flexibilitu.

Foto: MLZD.ch [110]

Obrázek 32 -Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu



Foto: MLZD.ch [111]

Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu: vlevo pohled na materiálové řešení interiéru budovy, vpravo pohled na nároží budovy z dusané nepálené hlíny

[110] :„:mlzd - Projects", viděno 24. listopad 2020, https://www.mlzd.ch/projects/auswahl/vos/.
[111] :„:mlzd - Projects", viděno 24. listopad 2020, https://www.mlzd.ch/projects/auswahl/vos/.

Obrázek 33 - Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu



Zdroj: UCEEB

Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu: exteriérový pohled na budovu, jejíž svislé nosné konstrukce jsou vyrobeny z dusané nepálené hlíny

6.5.2. Prefabrikovaný slaměný panel

Stěnové, stropní, podlahové nebo střešní prefabrikované slaměné panely jsou další možností realizace staveb z nízkouhlíkových materiálů. Dvojitý nosný rám vyplněný všesměrně lisovanou slámou zabezpečuje konstrukční tuhost. Systém prefabrikovaných panelů lze řešit jako samonosný (pro nízkopodlažní objekty), vícepodlažní objekty lze řešit jako použití samonosného obvodové pláště v kombinaci s jinou nosnou konstrukcí. Při výrobě lze využít regionálně dostupné a obnovitelné materiály, panely jsou tvořeny z 98 % přírodními materiály, bez škodlivých těkavých látek.

Prefabrikovaná výroba umožňuje přísnou kontrolu kvality a vysokou přesnost provedení. Výrobci deklarují odchylku 2 milimetry na panelu délky 3 metry. Díky tomu se stává montáž velmi snadnou a není požadavek na vysokou odbornost realizace.

Nespornou výhodou této technologie je rychlost výstavby. Trojčlenný tým s běžnými tesařskými nástroji může instalovat 60 m² panelů za jeden den, s pomocí jeřábu až dvojnásobek. Samotná montáž je proto velmi jednoduchá a rychlá. Instalace panelového systému může být navíc ze 100 % suchý a bezodpadový proces. Pokud jsou při návrhu a výstavbě dodrženy standardní postupy a technologická kázeň, životnost konstrukce budovy odpovídá jakékoliv standardní stavbě a lze uvažovat s životností více než 50 let. Investiční náklady na konstrukce ze slaměných prefabrikovaných panelů jsou zhruba srovnatelné s cenou konstrukcí domů v energeticky pasivním standardu.

Vnitřní a vnější povrch konstrukcí lze realizovat na stavbě, nebo také zahrnout do procesu prefabrikace. V tomto případě je nutné vyřešení detailů v napojení jednotlivých panelů. Je potřeba zajistit vzduchotěsnost obvodové konstrukce z těchto prefabrikovaných panelů.

Budovy z prefabrikovaných slaměných panelů lze certifikovat dle standardu Cradle to cradle, tj. jedná se o environmentálně šetrný stavební výrobek.

Výstavba budov z prefabrikovaných slaměných panelů má mnoho výhod. Použité materiály zajišťují zdravé mikroklima v interiéru, panel zároveň v rámci jedné vrstvy plní funkci tepelně-izolační, zvukově-izolační, akumulační a také nosnou (ne vždy to je podmínkou). Výsledná konstrukce má dostatečnou požární odolnost, montáž panelů je jednoduchá a rychlá. Ve skladbě jsou použity čistě přírodní materiály, které jsou plně recyklovatelné.

Nevýhodami této technologie je především potřeba dodržet vyšší kázeň na staveništi (vlhkost materiálu).

THE UNIVERSITY OF NOTTINGHAM - THE GATEWAY BUILDING

Ve Velké Británii, ve městě Nottingham byla pro místní univerzitu dokončena v květnu 2011 budova The Gateway. Jedná se o první z objektů vizionářského rozvoje kampusu Sutton Bonington. O návrh objektu se postarala architektonická kancelář Make Architects.

Architekti použili jeden z nejtradičnějších stavebních materiálů, slámu, a využili ji pro výstavbu technologicky vyspělé a zároveň udržitelné multifunkční budovy. Ve své době se jednalo o největší budovu v Británii využívající slámu jako stavební materiál. Fasáda objektu je vytvořena z prefabrikovaných modulárních slaměných panelů, kde použitá sláma pocházela přímo z vlastních zemědělských ploch univerzity.

Panely jsou 14 metrů vysoké (přes čtyři podlaží) a jejich nosnou funkcí plní dřevěná rámová konstrukce, která je vyplněná stlačenou slámou. Exteriérový povrch je řešen difuzně otevřenou omítkovou vrstvou na cementovláknité desce.

Stavba získala mnoho ocenění, např.: LABC Building Excellence Awards East Midlands 2012, Perspective Awards 2012, Leaf Awards 2013.

Foto: https://www.makearchitects.com/projects/the-gateway-building/ [112]

[112] „The Gateway Building", Make Architects, viděno 24. listopad 2020, https://www.makearchitects.com/projects/the-gateway-building/.

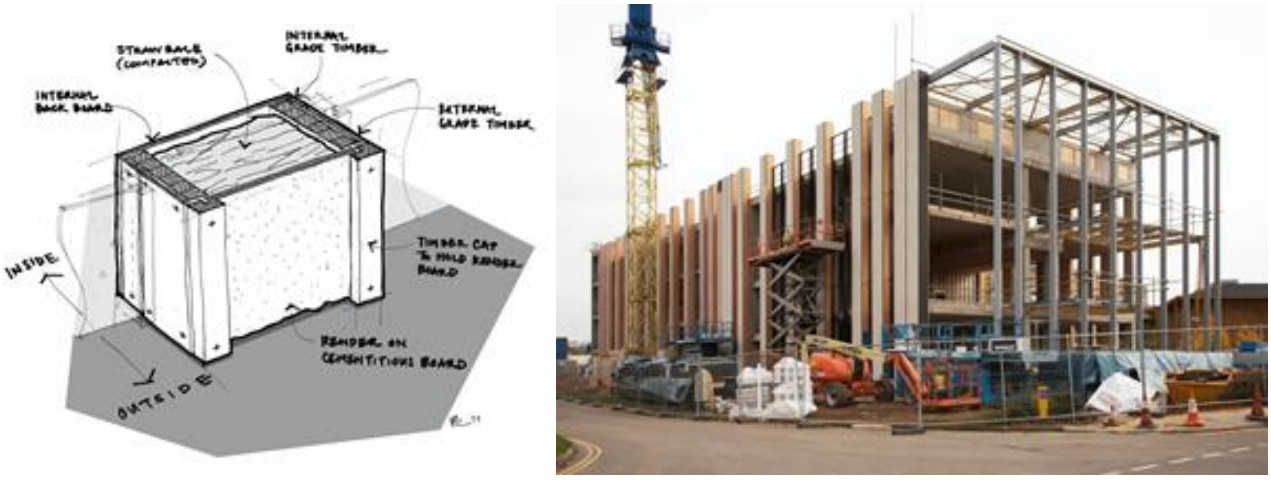
Obrázek 34 - Budova Gateway, Nottingham



Zdroj: UCEEB

Budova Gateway, Nottingham: exteriérový pohled na budovu, jejíž obvodový plášť tvoří prefabrikované slaměné panely

Obrázek 35 - Budova Gateway, Nottingham



Zdroj: UCEEB

Budova Gateway, Nottingham: vlevo konstrukční detail obvodového slaměného panelu, vpravo proces výstavby

6.5.3. Zdicí bloky pro suchou výstavbu

Zdící prvek z recyklovaných materiálů je tvořen betonem s recyklovaným cihelným kamenivem, které tvoří 100 % plniva v betonové směsi a je tak plně nahrazeno přírodní kamenivo. Náhrada běžně používaných surovin recyklovaným cihelným kamenivem vede ke zlepšení tepelně-technických vlastností zdícího prvku. Zároveň dojde ke snížení objemové hmotnosti materiálu, a tedy snížení hmotnosti zdících prvků ve srovnání s běžnými betonovými zdícími prvky. Snížení objemové hmotnosti by však nemělo ovlivnit splnění akustických požadavků na zdící prvky. Zdicí prvek lze vyrobit v základním rozměru 1600×400×400 mm, doplňkově se vyrábí zdicí prvky poloviční, čtvrtinové a tříčtvrtinové.

Zdící prvek z recyklovaného betonu je určen pro suché zdění například nízkopodlažních objektů jako jsou rodinné domy. Suché zdění je umožněno jednoduchým systémem zámků ve tvaru čtyřbokého komolého jehlanu na horní straně a spodní straně zdicího prvku. Tento způsob suchého zdění za využití speciálních zámečků na povrchu zdicích prvků je v rámci České republiky a Evropy běžně používán. Obvykle jsou pro tyto prvky suchého zdění využívány přírodní materiály, což není nutné pro všechny aplikace, Recyklovaný beton s cihelným kamenivem má ve stáří 28 dní vlastnosti, které splňují normové požadavky pro použití, ke kterému jsou výrobcem určeny.

Obrázek 36 - Recyklované cihelné kamenivo a zdicí prvek pro suché zdění, z něj vyrobený



Foto: Jan Otýs, AZS 98, s.r.o,

6.5.4. Základový prvek pro suché zdění

Základový prvek pro suché zdění je tvořen betonem s recyklovaným cihelným kamenivem, které tvoří 100 % plniva v betonové směsi a je tak plně nahrazeno přírodní kamenivo. Náhrada běžně používaných surovin recyklovaným cihelným kamenivem vede ke snížení objemové hmotnosti materiálu, a tedy snížení hmotnosti ve srovnání s běžnými prefabrikovanými betonovými základovými prvky. Požadavky na mrazuvzdornost betonových základových prvků jsou splněny. Na

základové konstrukce je možné navázat zdicí prvky z recyklovaného cihelného kameniva. Prvek prefabrikovaných základů lze vyrobit v základních rozměrech, a to 3200×400×400 mm.

Obrázek 37 - Základový prvek pro suché zdění z recyklovaného cihelného kameniva – pohled a řez



Foto: Jan Otýs, AZS 98, s.r.o,

6.5.5. Domy s využitím prvků pro suché zdění

Nedaleko Plzně vznikají rodinné domy s využitím základových a zdicích prvků pro suché zdění. Tyto prvky obsahují pouze recyklované cihelné kamenivo, a navíc je bude možné v budoucnu rozebrat a využít pro jiné účely. Díky tomu bude plně využita životnost konstrukčních prvků a omezena jejich závislost na morální zastaralosti stavby.

Obrázek 38 - Prvky pro suché zdění z recyklovaného cihelného kameniva a jednopodlažní RD postavený z těchto prvků



Foto: Jan Otýs, AZS 98, s.r.o,

7. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV VČ. OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

U budov s velmi nízkou potřebou energie na vytápění se doba, kdy je využívána otopná soustava zkracuje na několik měsíců v roce, stále více přibývají požadavky (s ohledem na změnu klimatu) na dochlazování vnitřních prostor v letním období. Jedním z důvodu je nárůst počtu tropických dní a nocí v posledních letech (a nemožnost předchlazování budov během nocí).

Připravenost budov na změnu klimatu lze při koncepčním návrhu ošetřit právě rychlou změnou technického zařízení budovy, jejichž instalace a případná výměna však nesmí poškozovat stavební prvky a konstrukce, které mají delší morální a fyzickou životnost a zajišťují požadovanou potřebu energie.

Vývoj technického zařízení včetně stanovení priorit pro vývoj energetických zdrojů, distribuce, měření a regulace, ovládacích prvků a systémů, které jsou v posledních letech na rychlém vzestupu. Díky tomuto vývoji mohou budovy, které jsou koncepčně po stavební stránce připraveny k nízké provozní potřebě energie, umožňovat rychlou a investičně nenáročnou údržbu, doplnění či výměnu zastaralého technického zařízení a přispívat ke snižování spotřeby neobnovitelných zdrojů energie. To s ohledem na dosažení odpovídajícího komfortu a dodržení zdravotně nezávadného prostředí v interiérech budov.

Pro zdroje energie, distribuční soustavy, předávací komponenty je třeba kromě vývoje nových účinnějších komponent (velikost, účinnost výroby a předání energie, hlučnost atd.) změnit i způsob návrhu a zabudování. Technické zařízení do budov a jeho koncepční umístění v budově či blízkém okolí (délka rozvodů, kontrola, požární a hygienická ochrana a v neposlední řadě obměna/výměna) s výhledem na modernizaci či kompletní výměnu za nové.

Z kapitoly jsou záměrně vynechány konvenční neobnovitelné zdroje energie, které svůj vývoj musí přizpůsobovat tržnímu prostředí a rychlému vývoji alternativních, obnovitelných zdrojů energie.

7.1. Zdroje tepla z obnovitelných a alternativních zdrojů energie

1. Výzkum a vývoj malých zdrojů tepelné energie na tuhá paliva (pelety, kusové dřevo a jejich zaměnitelnost v jednom zařízení), s dobrou regulací výkonu a snížením emisí tuhých částic při spalování (1 – 5 kW a 5 -10 kW). Možnosti napojení těchto zdrojů (kaskádovým způsobem) do lokálních územních distribučních sítí s možností zvýšení účinnosti, snížení emise pevných polutantů těchto zdrojů vlivem kontinuálního spalování.
2. Výzkum a vývoj tepelných čerpadel – např. zvýšení účinnosti čerpadel vzduch-voda, jejich využití při nižších venkovních teplotách. Snížit zapojení elektrických topných patron v letním období při zajištění přípravy teplé vody a nízkých venkovních teplotách. Snížení hlučnosti tepelných čerpadel odebírajících energii ze vzduchu a přenos vibrací do stavebních konstrukcí a možnosti modulové obnovy zařízení.

3. Výzkum a vývoj tepelných čerpadel – zvýšení životnosti rozhodujících komponentů zařízení tj. kompresoru a kapalin či plynů užívaných pro vlastní okruh TČ, dále přímé napojení tepelných čerpadel na výrobu energie z lokálních OZE.
4. Výzkum a vývoj dalších typů solárních soustav zvyšující efektivitu získávání energie ze slunce a předávání této energie do topných soustav a soustav pro výrobu TV – možnost vývoje nových nemrznoucích směsí s delší dobou životnosti, výzkum kapalin s vyšší tepelnou kapacitou, výzkum solárních soustav bez možnosti přehřátí soustavy v době bez odběru tepla (teplé vody) a tudíž ochrana této soustavy. Zajištění snadné údržby či výměny poškozených či zastaralých a málo účinných komponent.
5. Výzkum a vývoj v oblasti spalování odpadů (optimalizace velikosti spaloven s ohledem na demografické rozložení a produkci odpadu v lokalitě).
6. Výzkum a vývoj ve zlepšení účinnosti bioplynových stanic.
7. Výzkum ve vyšší akumulaci tepelné energie v akumulačních zásobnících, popř. její další využití – výzkum jiných typů akumulačních zásobníků a materiálů sloužících pro akumulaci tepelné energie.

Cíl vývoje:

- malé kotle na tuhá paliva a snížení emisí tuhých částí, zvýšení účinnosti zdrojů jejich zapojením do lokálních distribučních soustav – především kombinace pelety/kusové dřevo,
- zvýšení účinnosti tepelných čerpadel vzduch-voda při nižších venkovních teplotách a v letních obdobích pro přípravu teplé vody,
- zvýšení životnosti materiálů pro rozvody a připravenost na přímé napojení/nestabilní dodávky elektrické energie z lokálních OZE,
- nové druhy solárních soustav a jejich komponentů, možnost modulových řešení zohledňující rozdílnou dobu životnosti dílčích částí soustav,
- stanovení požadavků na velikost a účinnost zařízení při spalování odpadů. Zkrácení doby technologických přestávek v přechodu z jednoho druhu odpadu na odpad druhý,
- zvýšení účinnosti bioplynových stanic s ohledem na možnosti dodávek paliva v lokalitě,
- nové možnosti a materiály s vyšší akumulační schopností pro akumulaci tepla, jejich zakomponování do stavebních konstrukcí.

7.2. Distribuce tepla

1. Výzkum a vývoj v oblasti návrhu modulace a zajištění vysokého stupně tepelně technických vlastností distribučních soustav a jejich systémové zabudování do stavebních konstrukcí.
2. Výzkum a vývoj ve směru zjednodušování spojování jednotlivých komponentů rozvodů tj. potrubí, fitinek, oblouků, filtrů, čerpadel, expanzních nádob, ventilů apod. Zároveň je nutný vývoj u spojování těchto komponentů pro zajištění vyšší těsnosti spojů, soustavy se zavzdušňují a toto způsobuje problémy v rozvodech případně v korozi kovových materiálů.
3. Možnosti nových materiálů na vlastní rozvody, které trvale zajistí snížení tlakových ztrát rozvodů.
4. Výzkum a vývoj nových konstrukcí ventilů, filtrů a jiných komponentů snižujících tlakové ztráty rozvodů – s dopadem na snížení spotřeby energie na pohon čerpadel nebo jiných systémů.

Cíl vývoje:

- vývoj prefabrikovaných dílců s ohledem na údržbu, doplnění nebo výměnu bez poškození stavebních konstrukcí, za odůvodnitelných nákladů,
- nové spojovací systémy potrubních rozvodů s vyšší těsností a univerzálností a jednoduchosti spojování,
- nové materiály pro rozvody ÚT, TV a chladících soustav,
- nové konstrukce komponentů v rozvodech ÚT, TV a chladu snižujících tlakové ztráty těchto rozvodů.

7.3. Distribuční prvky tepla/chladu

1. Výzkum a vývoj nových distribučních prvků s cílem zvýšení účinnosti při předávání tepla/chladu, dalších možnostech umístění v místnostech, například umístění topného tělesa pod stropem místnosti, na protilehlých stranách od oken. Související výzkum, jakým způsobem se bude vrstvit vzduch od stropu dolů a jaké budou rozdíly mezi podlahou a stropem.
2. Výzkum a vývoj efektivnějších stěnových, podlahových či stropních topných systémů s vyšší životností a možností zajištění potřebné údržby. Výraznější cenová dostupnost těchto systémů má potenciál v případě budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění/chlazení odstranit klasická topná tělesa. Zaměření na odstranění časové setrvačnosti těchto systémů a jejich rychlejšího náběhu či vychladnutí – rychlejší reakce na změny způsobené externími tepelnými zisky.
3. Modulové prvky s možností osazení do stěny (napojení na SDK nebo omítky), připojení na media a zakrytí (s důrazem na design krytu). Potenciál integrovat otopné těleso a vyústku VZT do jednoho tělesa.

Cíl vývoje:

- možnosti umisťování nízkopotenciálních otopných těles v interiéru,
- stěnové, podlahové či stropní systémy pro vytápění či chlazení,
- modulové prvky, kombinace vytápění s VZT.

7.4. Vzduchotechnické systémy

1. Vývoj nových způsobů řízeného větrání, s cílem zajistit minimální nároky na prostor (jednotka, rozvody). Umožnit snadnou údržbu a čistitelnost rozvodů a u stávajících staveb umožnit napojení nových jednotek.
2. Výzkum a vývoj vlivu koncentrace CO2 a dalších emisí, úpravou vlhkosti a dalších parametrů týkajících se zdraví uživatel domů/budov a na pracovní výkonnost a vliv soustředěnosti či učení novým poznatkům.
3. Výzkum a vývoj zakomponování rozvodů VZT do instalačních šachet nebo jiných distribučních prefabrikovaných prvků a zajistit údržbu, doplnění či výměnu bez velkého zásahu do stavebních prvků a konstrukcí.
4. Výzkum a vývoj prvků zajišťující snížení hladiny přenosu hluku a vibrací a zvyšujících požární bezpečnosti (zvláště u budov s větším počtem požárních úseků).

Cíl vývoje:

- nové způsoby provětrávání, především pro stávající budovy,
- výzkum dopadů kvality vnitřního vzduchu na zdraví, pracovní výkonost, soustředěnost a učební proces,
- výzkum v oblasti zjednodušení realizace prefabrikací, údržby a výměny rozvodů VZT.

7.4.1. Vzduchotechnické jednotky

1. Výzkum a vývoj nových jednotek pro řízené větrání – odstraňování tepelných mostů při osazování nových jednotek, využití nových materiálů pro vlastní izolaci jednotek. Výzkum a vývoj různých typů jednotek zajišťujících centrální větrání RD či BD, decentrální větrání BD, vývoj nových typů lokálních jednotek pro individuální větrání částí bytů. Usnadnění běžné údržby např. použitím modulových komponent.
2. Vývoj kompaktních jednotek s možnostmi zpětného získávání tepla sjednocující do jednoho zařízení několik systémů – větrání se zpětným získáváním tepla/chladu, úpravou kvality vzduchu, přípravu teplé vody, využití dalších OZE.

3. Výzkum a vývoj ventilátorů s nižší hlučností, vyšší efektivitou přeměny elektrické energie na dopravovaný výkon vzduchu při požadovaném tlaku.
4. Výzkum a vývoj zejména v oblasti hlučnosti a přenosem vibrací u vlastních vzduchotechnických jednotek – hluk je dominantním rozhodujícím elementem pro rozhodování lidí o užití či neužití daného zařízení.
5. Výzkum a vývoj filtračních materiálů, které nebudou odstraňovat jen prach, ale také některé plynné škodliviny z venkovního vzduchu a pachy.

Cíl vývoje:

- jednotky umožňující snadnou výměnu původního zařízení,
- jednotky s různými (účinnějšími) druhy rekuperace,
- kompaktní jednotky – (technická místnost v kostce),
- ventilátory s nižší hlučností, přenosem vibrací a vyšší efektivitou,
- snižování hluku vzduchotechnických jednotek,
- filtry, úprava vzduchu (vlhkost, jonty) a filtrační materiály.

7.4.2. Distribuční soustava

1. Vývoj a výzkum rozvodů vzduchu v instalačních prvcích, které umožňují rychlejší a jednodušší aplikaci a případnou výměnu. Zajištění možností automatizace realizace vyvinutých prvků. Výzkum prvků nastavit tak, aby kromě distribuce byly zohledněny také požadavky na snížení přenosu hlučnosti, vibrací a zajištění odpovídající požární bezpečnosti.
2. Vývoj a výzkum instalačních prvků umožňující automatizaci výstavby. Prvky musí umožňovat lepší tepelnou izolaci s ohledem na řešení tepelných vazeb a umožňovat rozvod vícero médií v rámci trasování rozvodů (tepla, chladu, teplé vody, vzduchu).
3. Výzkum a vývoj v oblasti čištění potrubních rozvodů. Výzkum a vývoj nových materiálů nebo konstrukcí rozvodů zabraňující usazování škodlivin v rozvodech.
4. Řešení průchodu sacího a výfukového potrubí přes stěnu včetně zabezpečení vzduchotěsnosti průchodu.
5. Obecně je jedním z cílů výzkumu a vývoje v oblasti rozvodů vzduchu i jejich minimalizace (prostorová, nákladová).

Cíl vývoje:

- nové typy instalačních prvků, které mají zakomponovány různé druhy rozvodů s ohledem na montáž a její automatizaci při výstavbě, čištění a požární bezpečnost,

- čištění potrubních rozvodů a vliv mikrobiologického znečišťování potrubních rozvodů na zdraví lidí,
- levné materiály pro protipožární ochranu staveb při šíření požáru vzduchotechnikou.

7.4.3. Distribuční elementy

Výzkum a vývoj koncových elementů zlepšující vyšší účinnost předání čerstvého vzduchu, tepla či chladu. Stavby s nízkou potřebou energie a závislosti na stavebním řešení mají rozdílné požadavky na distribuční soustavy a prvky.

Cíl vývoje:

- zrychlení instalace a její automatizace při realizaci stavby,
- variabilita při údržbě,
- koncové distribuční elementy (u dodávek čerstvého vzduchu) s ohledem na design,
- koncové distribuční elementy (u dodávek chladu) možností odvodu kondenzátu v rámci vyřešení distribučního prvku napojeného na prvky distribuční soustavy.

7.4.4. Využití fotovoltaiky

Využití fotovoltaiky (PV) se rychle vyvíjí a náklady na její pořízení klesají. To otevírá cestu k aplikaci přímého využití PV systémů instalovaných na budovách.

Stávající instalace se však na instalaci plochých panelů. PV by měla být možná využít jako vrchní vrstva fasád, střešního pláště, transparentní část zasklení apod. a zajistit snadné zakomponování do vlastní architektury staveb apod.

Cíl vývoje:

- zakomponování PV systémů do různých částí staveb (stěny, střechy, markýzy, žaluzie, lodžie, rámy a výplně oken, prosklené stěny chodeb …).

8. UDRŽITELNÝ ROZVOJ V OBLASTI PASIVNÍCH DOMŮ

Jedná se jednoznačně o nejrozsáhlejší oblast a s ohledem na zaměření Platformy pasivních domů jí bude v další činnosti věnována nejmenší pozornost. Touto rozsáhlou problematikou se zabývá celá řada institucí (např. FSv ČVUT a další) a Platforma pasivních domů bude usilovat o spolupráci s těmito institucemi směrem k dosažení cílů Strategické výzkumné agendy.

8.1. Stávající stav

Vzhledem k tomu, že v celém cyklu života budov (výstavba a použité materiály, provoz, údržba a reinvestice, odstranění stavby – případně recyklace) se spotřebovává okolo 50 % spotřeby všech energií, není větší hráč na poli globálních změn klimatu a produkce skleníkových plynů i devastace životního prostředí než současná výstavba. Z tohoto úhlu pohledu je proto životně důležité vyvíjet úsilí o architekturu kompatibilní s konceptem udržitelného rozvoje. Aktualizovaný komentář: Konzervativní sektor výstavby a budov se v průběhu TP podařilo pomalu posouvat ke změnám směřujícím k nižší potřebě energie k zajištění odpovídajícího vnitřního standardu. Dále TP v této oblasti připomínkovala návrh zákona o stavebních výrobcích a jejich zabudování do stavebních konstrukcí. Stejně tak se členové TP společně s aliancí Šance pro budovy zapojuje do řešení cirkulární ekonomiky ve stavebnictví.

8.2. Definice pojmu udržitelný rozvoj?

Evropský parlament definoval udržitelný rozvoj jako „zlepšování životní úrovně a blahobytu lidí v mezích kapacity ekosystémů při zachování přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro současné a příští generace“.

Definice cílů trvale udržitelného rozvoje od WCED (Světová komise pro životní prostředí a rozvoj): „Trvale udržitelný rozvoj je takovým rozvojem, který naplňuje potřeby přítomných generací, aniž by ohrozil schopnost naplňovat je i generacím budoucím.“ Zpráva WCED dále upřesňuje, že termínem „potřeby“ se myslí základní potřeby vždy těch nejchudších obyvatel planety. V opačném případě by se pojem potřeby mohl statisticky dezinterpretovat: ač by se globální stav mohl jevit relativně v pořád-ku, následky případné katastrofy by nejvýrazněji nesly nejchudší skupiny obyvatel (např. přímořské populace rozvojových států v případě výraznějšího stoupání hladin oceánů, kdy by se vyspělé ze-mě s tímto defektem dokázaly relativně úspěšně vyrovnat). V zásadě mezi takové potřeby lze počítat především dostatečné množství jídla, pitné vody, odpovídající přístřeší, základní úroveň lékařských a vzdělávacích služeb a kvalitní životní prostředí.

Jestliže vycházíme ze zjištění, že hospodářská úroveň globálního severu je založena na intenzivním využívání přírodních zdrojů a následném znečišťování, často i destrukci mnohých ekosystémů, je třeba se obávat, že cesta zemí globálního jihu k podobnému stavu prosperity přinese ještě masivnější degradaci biosféry, než jaká probíhá dnes. Protože není možné ani účelné bránit chudým populacím v dosažení stejné míry úrovně života, jaká je ve vyspělých zemích standardem, mezi

hlavní úkoly trvale udržitelného rozvoje patří zejména definovat koncepty, které by dokázaly omezit dopad lidské populace na životní prostředí (v podstatě snížit tzv. ekologickou stopu).

Pro sledování vznikly tzv. indikátory trvale udržitelného rozvoje, což jsou ukazatele, které popisují chování lidské společnosti ve vztahu ke zdrojům, ochraně přírody a životnímu prostředí. Příkladem takových indikátorů je např. podíl zvláště chráněných území na ploše státu, podíl elektrické energie získávané z obnovitelných zdrojů apod.

8.3. Udržitelný rozvoj v ČR

Před rokem 1989 nebyly u nás principy trvale udržitelného rozvoje nijak zohledňovány. V roce 1991 byl schválen první zákon o životním prostředí (17/1992 Sb.), který obsahuje mj. i definici trvale udržitelného rozvoje (podobnou definici WCED):

Rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.

Zákon zdůrazňuje též právo člověka na příznivé životní prostředí.

90. léta byla ve znamení restrukturalizace průmyslu a omezení znečišťování ovzduší i vody. Narůstá podíl tříděného i recyklovaného odpadu. Přesto však energetická náročnost výroby v ČR zůstává vysoká, výrazně nad průměrem EU.

V roce 2005 byl schválen zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie (180/2005 Sb.), který garantuje minimální výkupní ceny a umožňuje výrobcům obnovitelných zdrojů uzavírat dlouhodobé smlouvy. Zákon byl velice kritizován, a to především zastánci jaderné energetiky a některými pravicovými politiky, přesto vstoupil v platnost. Jeho prosazení bylo za cenu kompromisů, jako třeba, že neobsahuje podporu výroby tepla z obnovitelných zdrojů, přestože kombinovaná výroba tepla a energie je nejefektivnější. Je logickým výplodem administrativní snahy vyrovnat deformace trhu s energiemi soustředěním se na navýšení základního indikátoru zvýšit procenta podílu elektrické energie získávané z obnovitelných zdrojů, aniž by se měnil základní přístup k výraznému snižování spotřeby a využívání potenciálu úspor. Výsledkem pak je na jedné straně vysoká garantovaná výkupní cena a současně i neuvěřitelně nízké 20hodinové snížené prodejní sazby pro určité skupiny zákazníků, které se rovnají téměř rozdávání zadarmo.

Postupem vhodným z hlediska trvale udržitelného rozvoje není garance minimálních výkupních cen (která alespoň začíná pomáhat startovat toto odvětví, ale vnáší do deformovaného trhu cen energií další zmatky), ale započtení tzv. externalit do výrobních cen. Tyto externality by zvýšily výrobní ceny v těch elektrárnách, které výrazně narušují životní prostředí a převedly by tak náklady, které platí různou formou společnost a její členové, přímo na výrobce. Současný stav běžný v tržní ekonomice, kdy výrobce platí jen přímé náklady na výrobu elektřiny, odvozené z tržní ceny suroviny, není pro naplňování cílů trvale udržitelného rozvoje žádoucí.

Systémově začala mířit směrem k narovnání deformací trhu s energiemi pouze politika EU, k jejímuž začleňování se v přístupových protokolech přihlásila i ČR (ratifikoval je tehdejší předseda vlády Václav Klaus) a která dostala název Ekologická daňová reforma (EDR).

Na konci je otázka „jaké cíle bude třeba zajišťovat ve stavebnictví, až nastanou nové změněné geopolitické podmínky budoucího vývoje," a je jedno, zdali to bude prozíravou politikou anebo nárazem na meze růstu.

8.4. Cíle

Z analýzy současného rámce lze vysledovat úkoly pro nový výzkum a vývoj v oblastech, které jsou mimo sféry zájmu současného stále více centralizovaného (globálního) stavebního průmyslu a obchodu, který logicky podporuje jiné výzkumy technologií, ale také přispívá k nezaměstnanosti, migraci obyvatel, působí škody na ŽP zhoršováním kvality života a podporuje sekundárně nárůst chudoby ve třetích zemích.

Pokud máme začít plnit cíle udržitelného rozvoje „zlepšování životní úrovně a blahobytu lidí v mezích kapacity ekosystémů při zachování přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro současné a příští generace", je třeba přistoupit k návrhu budov ke snižováním jejich energetické náročnosti, tak jak to umí budovy postavené na principu pasivního domu (o 90 % oproti standardu minulého století), které není třeba dnes vynalézat a stačí jen vůle prosazovat (po narovnání deformací trhu s energiemi, je nebude třeba ani prosazovat, bude to opravdu výhodné). Od chvíle, kdy se začne stavět pouze na těchto principech, při obměně fondu budov 1,5 % ročně, tedy asi do 75 let přirozeně dojde tak k využití velkého potenciálu úspor. Průběžně pak potřeby takových standardů je snadné pokrývat z potenciálu místních obnovitelných energetických zdrojů (cíl číslo 1.). Při výstavbě nových domů je v mnohem větší míře možné používat lokální a přírodní zdroje a materiály, které není třeba zatěžovat ekologickou stopou z dopravy na velké vzdálenosti (cíl číslo 2). Na tyto cíle je třeba zaměřit výzkum a vývoj směřující k větší lokální soběstačnosti logicky spojené s decentralizací současných struktur. To by měly odrážet i místní energetické politiky, které se musí propisovat do energetických koncepcí krajů a převádět do územně plánovacích podkladů - urbanistických plánů (cíl číslo 3). Dalším podstatným rysem úspor je zvýšení efektivity plánování – aby stavby i větší celky byly navrženy a realizovány funkčně tak, že skutečně a zejména prostorově efektivně naplňují potřeby, kvůli kterým vznikly. Je tak možné předejít vzniku nevyužitelných a nevyužitých budov a prostor a přestaveb objektů v horizontu let po jejich uvedení do provozu. Je proto třeba posílit odpovědnost a zejména zpětné vazby v plánování formou zapojení uživatelů do plánování a post-occupancy hodnocení realizovaných projektů.

Jaké jsou logické důsledky těchto cílů?

Cíle pro další rozvoj a doporučení pro orientaci státních institucí:

1. Využitím **místních energetických obnovitelných zdrojů** nedochází k odlivu financí mimo místní ekonomiky, které se pak mohou vyváženě rozvíjet spolu s domácí zaměstnaností. Jako bonus se k tomu přiřazuje i omezení bezpečnostního rizika, které plyne ze zastavení ztenčujících se dodávek neobnovitelných zdrojů.

2. Používáním **místních a přírodních materiálů** se podporuje snížení ekologické stopy celého cyklu života budovy- nejen provozem ale i výstavbou, snadnou údržbou i jednoduchou recyklovatelností po skončení životnosti.
3. **Zapojením veřejnosti a budoucích uživatelů** projektů se zvýší efektivita budoucího užívání., Zapojení je zároveň velkou příležitostí posílit environmentální povědomí obyvatel i občanskou odpovědnost, právní povědomí a sociální stabilitu. Promyšlená, s obyvateli pro-jednaná územně plánovací dokumentace, vyplývající i z energetických koncepcí, posilují energetickou i ekonomickou soběstačnost.

8.5 Oblasti výzkumu a vývoje

Stále větší důraz je kladen na zohlednění celkového životního cyklu stavby a její začlenění do lokality z hlediska využitelnosti zdrojů (materiálů, energie) a napojení na další aktivní prvky území (čistírny dešťových vod, elektromobilitu, odpadové hospodářství atd.).

8.5.1 Používání přírodních a recyklovaných materiálů (využití podmínek cirkulární ekonomiky)

Lokální materiálové zdroje, stejně jako použité stavební materiály starých budov jsou cenné suroviny, které mohou při stupni současného vývoje a realizovaných průzkumech dostupnosti budoucích materiálových zdrojů (lomy, pískovny atd.) složit budoucím generacím pro zajištění potřebného rozvoje výstavby a změn stávajících staveb.

Procento využití přírodních a recyklovaných materiálů ve stavebnictví může efektivně stoupat. Trend je možné podpořit označením, otestováním a propagací vhodných konstrukčních materiálů a technologií, které umožní jejich širší a zároveň bezpečné v podmínkách střední Evropy.

Tento trend je postupně zařazován do agendy cirkulární ekonomiky, která je předmětem úpravy evropské legislativy.

Cíl vývoje:

- prokázat proveditelnost a spolehlivost konstrukcí využívajících ve větší míře přírodní a recyklované materiály,
- vyvinout nové nebo přizpůsobit stávající stavební technologie a postupy tak, aby byl snížen environmentální dopad staveb na životní prostředí.

8.5.2 Využití lokálních obnovitelných zdrojů energie v mezích kapacity ekosystému

Lokální obnovitelné zdroje v územních celcích mají limitované možnosti zdrojů. Aby mohlo docházet k rozvoji lokálních sítí, z hlediska technicko-ekonomické proveditelnosti s ohledem na celoživotní cyklus hodnocení. Proto je třeba v územních celcích zajistit odběrná místa (domy, budovy, veřejné osvětlení atd.) s velmi nízkou potřebou energie. Základem by měla být právě výstavba a změny staveb v pasivním standardu.

8.5.3 Lokální energetické systémy s malou či žádnou závislostí na elektrizační soustavě

V současnosti jsou k dispozici jednotlivá technická zařízení, která umožňují integraci do nezávislých celků, která je v případě vhodného dimenzování komponent ekonomicky smysluplná, neboť v případě nezávislosti na elektrizační soustavě odpadají poplatky za distribuci elektrické energie. Podmínkou úspěšnosti je optimální dimenzování prvků systému vzhledem k předpokládaným průběhům odběrů elektrické energie, solárních zisků a potřeby tepla na vytápění. Uvažované systémy mohou obsahovat kogenerační jednotku spalující zemní plyn (případně plyn z bioplynových stanic), fotovoltaický systém, akumulaci elektrické energie do akumulátorové baterie, akumulaci tepla, kompresorová a absorpční tepelná čerpadla pro výrobu tepla a chladu. Systém může obsahovat všechny tyto komponenty, případně kombinaci jen některých z nich.

Cíl vývoje:

- identifikace vhodných v současnosti dostupných komponent energetického systému a možnosti napojení na stavby v územním celku,
- návrh metodiky učení odběrových křivek s uvažováním deterministických (den/noc, pracovní den/dny volna na konci týdne/svátky atd.) a stochastických (teplota okolí, intenzita slunečního svitu, poruchy strojů a dalších technologií, nepředvídatelná spouštění či odstavení strojů) vlivů na spotřebu tepla, chladu a elektrické energie,
- návrh optimální strategie povozu komponent a technologického zařízení,
- návrh optimálního dimenzování komponent z hlediska ekonomického a z hlediska vlivu na životní prostředí.

8.5.4 Lokální smart grids pro skupiny odběratelů s akumulací elektrické energie

V současnosti jsou k dispozici prvky smart grids umožňující měření a řízení odběrů elektrické energie a také systémy pro akumulaci elektrické energie, se kterými se ovšem počítá s nasazením v klasické distribuční síti velkého rozsahu (v ČR ČEZ, E.ON, PRE). Tyto prvky je ovšem (případně s využitím embedded systémů internetu věcí) aplikovat i například po skupiny budov s cílem minimalizace nákladů na energie.

Cíl vývoje:

- návrh metodiky/doporučení, zda je po uvažovanou skupinu budov výhodné integrovat se do jednotného systému,
- návrh strategie řízení a povozu systému,
- optimalizace dimenzování systému akumulace elektrické energie a případně tepla pro uvažovaný systém.

8.5.5 Systémy výroby chladu s užitím různých vstupních energonositelů

V současnosti je obvyklé provozovat systém výroby chladu s jedním vstupním energonositelem (elektřina, pára, plyn) a jedním typem výrobního zařízení (v případě elektřiny kompresorový a v ostatních absorpční tepelný stroj). Je-li k dispozici více vstupních energonositelů, je možno dosáhnout snížení nákladů vhodnou kombinací výrobních stojů, například točivá redukce tlaku páry s výrobou elektrické energie, absorpčního tepelného stroje a kompresorového tepelného stoje.

Cíl vývoje:

- identifikace vhodných v současnosti dostupných komponent systému výroby chladu,
- návrh metodiky volby topologie systému a strategie jeho řízení,
- optimalizace dimenzování prvků systému z hlediska ekonomického a z hlediska vlivu na životní prostředí.

9. ZÁVĚR

Pro dosažení stanovených cílů je nezbytně nutné zabývat se především těmito oblastmi:

- vzděláváním dětí a studentů na všech úrovních, počínaje mateřskými školami,
- vzdělávání odborníků na všech úrovních, osvětlení přesahů do dalších oborů (energetika, financování, zdravotnictví,
- překonání bariér a mýtů, které odrazují investory (soukromé i veřejné),
- změna právních předpisů, která omezuje rozvoj pasivních domů a energeticky bezpečných urbanistických celků,
- inovace a vývoj nových výrobků a materiálů, s důrazem na ekonomicky efektivní řešení z hlediska celoživotního cyklu,
- zohledňování principů udržitelné výstavby v měřítku jednotlivých staveb i větších urbánních celků.

Vzhledem k charakteru Platformy pasivních domů je třeba považovat tento dokument jako doporučení, které stanovuje hlavní směry rozvoje, oblasti a priority, kterým je třeba věnovat pozornost pro prosazení výstavby pasivních domů v masovém měřítku.

Zpracovaná SVA by měla také sloužit jako informační materiál pro vládní i nevládní organizace pro přípravu a realizaci podpory zapojení českého stavebního průmyslu do evropské i celosvětové spolupráce.

Dokument byl zpracován díky spolupráci s členy Platformy pasivních domů a spolupracujících organizací, především zástupcům vysokých škol a výzkumných organizací.

10. LITERATURA

„2nd SKIN: Systemic deep retrofit for social housing - Climate-KIC". Viděno 30. říjen 2019. https://www.climate-kic.org/success-stories/2nd-skin/.

6 Amazing 3D PRINTED HOUSE Projects in 2020, 2020. https://www.youtube.com/watch?v=eIVl3gmswhM.

„ABOUT | TyBot". Viděno 24. listopad 2020. https://www.tybotllc.com/about.

Abstracto, Autor Rincón. „Asombrosa máquina para pavimentar calles empedradas, de forma automática." Rincón Abstracto, 14. červen 2011. https://www.rinconabstracto.com/2011/06/asombrosa-maquina-para-pavimentar.html.

IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. „AI SpaceFactory Wins NASA's 3D-Printed Extraterrestrial Habitats Challenge - IEEE Spectrum". Viděno 10. červenec 2020. https://spectrum.ieee.org/tech-talk/aerospace/space-flight/3d-printers-could-build-future-homes-on-mars.

Akerstream, Tom, Alexander Knirsch, a Mark Pauls. „Manitoba Hydro Place: Energy Efficiency 2.0". *ASHRAE Transactions* 119, č. 1 (1. leden 2013). https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=00012505&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA331927990&sid=googleScholar&linkaccess=abs.

Almeida, Manuela, a Marco Ferreira. „IEA EBC Annex56 Vision for Cost Effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation". *Energy Procedia* 78 (listopad 2015): 2409–14. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.206.

„Amazing ERO Concrete-Recycling Robot Can Erase Entire Buildings". Viděno 24. listopad 2020. https://inhabitat.com/amazing-ero-concrete-recycling-robot-can-erase-entire-buildings/.

„Annex_61_SubTask_A_CaseStudies_2017-12-18.pdf". Viděno 23. listopad 2020. https://iea-annex61.org/files/results/Annex_61_SubTask_A_CaseStudies_2017-12-18.pdf.

„Augmented Parametrics". Viděno 9. červenec 2020. https://iam.tugraz.at/augmented-parametrics/.

Boehme, Luc. „RecyMblock - Application of Recycled Mixed Aggregates in the Manufacture of Concrete Construction Blocks". In *SB11 HELSINKI World Sustainable Building Conference*, 2038–2047. Finnish Association of Civil Engineers RIL and VTT Technical Research Centre of Finland; Helsinki, Finland, 20111018. https://lirias.kuleuven.be/retrieve/161353.

„Building with Robots and 3D Printers". Viděno 24. listopad 2020. https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2017/06/building-with-robots.html.

„Built Robotics". Viděno 24. listopad 2020. http://www.builtrobotics.com/.

Canivell, Jacinto, Juan Jesús Martín-del-Río, Raúl M. Falcón, a Carlos Rubio-Bellido. „Rammed Earth Construction: A Proposal for a Statistical Quality Control in the Execution Process". *Sustainability* 12, č. 7 (leden 2020): 2830. https://doi.org/10.3390/su12072830.

„Clapa Floor Master Robot type 130 - automatic floor screeding - YouTube". Viděno 9. červenec 2020. https://www.youtube.com/watch?v=pUGOqLmiYfE.

COBOD. „COBOD - Modular 3D Construction Printers - 3D Printed Buildings". COBOD. Viděno 24. listopad 2020. https://cobod.com/.

CAMEB. „CONAI". Viděno 9. červenec 2020. https://www.cameb.cz/conai.

Construction Demolition Robot, 2014. https://www.youtube.com/watch?v=dTv4c9r2gh8.

C.S. Cargo. „Dostupné typy kontejnerů - C.S.CARGO a.s." Viděno 24. listopad 2020. https://www.cscargo.cz/cs/dostupne-typy-kontejneru/.

„DFAB HOUSE – Building with robots and 3D printers". Viděno 10. červenec 2020. https://dfabhouse.ch/.

D'Oca, Simona, Annarita Ferrante, Clara Ferrer, Roberta Pernetti, Anna Gralka, Rizal Sebastian, a Peter Op 't Veld. „Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects". *Buildings* 8, č. 12 (prosinec 2018): 174. https://doi.org/10.3390/buildings8120174.

„Doxel.ai". Viděno 24. listopad 2020. https://www.doxel.ai/.

WOODRISE. „Dřevěné obvodové pláště Envilop". Viděno 10. červenec 2020. http://woodrise.cz/drevene-obvodove-plaste/.

EcoCocon. „EcoCocon - Healthy housing". Viděno 10. červenec 2020. https://ecococon.eu/cz.

Eekhout, M., a P. van Swieten. *The Delft Prototype Laboratory*. IOS Press, 2016.

UCEEB. „EESDOK - Environmentally Efficient Construction and Demolition Waste for Structures", 3. leden 2017. https://www.uceeb.cz/en/projects/eesdok-environmentally-efficient-construction-and-demolition-waste-structures.

ekopanely cz. „ekopanely cz". Viděno 10. červenec 2020. https://www.ekopanely.cz/.

UCEEB. „Energeticky aktivní lehký obvodový plášť (ELOP)", 17. září 2015. https://www.uceeb.cz/projekty/energeticky-aktivni-lehky-obvodovy-plast-elop.

„EnviLOP | Trvale udržitelný obvodový plášť budov". Viděno 8. listopad 2020. http://www.uceeb.cz/envilop/.

„Environmental innovation seen in new building". Viděno 9. červenec 2020. https://news.stanford.edu/news/2004/april14/building-414.html.

„European Panel Federation". Viděno 10. červenec 2020. https://europanels.org/.

„FANUC | The Factory Automation Company - Fanuc". Viděno 24. listopad 2020. https://www.fanuc.eu/cz/cs.

Fastbrick Robotics: Hadrian 105 Time Lapse, 2016. https://www.youtube.com/watch?v=4YcrO8ONcfY&app=desktop.

Flower power timber robots: How robots can revolutionize architecture and timber industry, 2019. https://www.youtube.com/watch?v=bVVNQ5-3tjw.

Forum, World Economic. „The Fourth Industrial Revolution Is about to Hit the Construction Industry. Here's How It Can Thrive". *The European Sting - Critical News & Insights on European Politics, Economy, Foreign Affairs, Business & Technology - Europeansting.Com* (blog), 14. červen 2018. https://europeansting.com/2018/06/14/the-fourth-industrial-revolution-is-about-to-hit-the-construction-industry-heres-how-it-can-thrive/.

„Gypsum to Gypsum". Viděno 10. červenec 2020. https://gypsumtogypsum.org/.

FBR. „Hadrian X® | Outdoor Construction & Bricklaying Robot from FBR". Viděno 24. listopad 2020. https://www.fbr.com.au/view/hadrian-x.

Heiz, Benjamin P. V., Zhiwen Pan, Lingqi Su, Si Thien Le, a Lothar Wondraczek. „A Large-Area Smart Window with Tunable Shading and Solar-Thermal Harvesting Ability Based on Remote Switching of a Magneto-Active Liquid". *Advanced Sustainable Systems* 2, č. 1 (2018): 1700140. https://doi.org/10.1002/adsu.201700140.

„Highly advanced modular integration of insulation, energising and storage systems for non-residential buildings | POWERSKIN PLUS Project | H2020 | CORDIS | European Commission". Viděno 9. červenec 2020. https://cordis.europa.eu/project/id/869898.

„HoHo Vienna - Wooden tower - Woschitz Group". Viděno 10. červenec 2020. https://www.woschitzgroup.com/en/projekte/hoho-vienna-wooden-tower/.

Rewindo. „Home". Viděno 10. červenec 2020. https://rewindo.de/.

Cape Brick. „Home". Viděno 10. červenec 2020. https://capebrick.co.za/.

„Home | Powerskin+". Viděno 9. červenec 2020. https://www.powerskinplus.eu/home.

„Http://Www.Lawin.Uni-Jena.de/En/Startpage/". Viděno 9. červenec 2020. http://www.lawin.uni-jena.de/en/startpage/.

IEA EBC, Energy in Buildings and Communities Programme. *Methodology for Cost-Effective energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56)*, 2014. http://www.iea-annex56.org/index.aspx?MenuID=1.

„Inovativní metody sériových energetických rekonstrukcí obytných budov – příklady z Nizozemska - TZB-info". Viděno 9. červenec 2020. https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/17780-inovativni-metody-seriovych-energetickych-rekonstrukci-obytnych-budov-priklady-z-nizozemska.

Moelven. „Iso3 - Skumisolert trestender". Viděno 9. červenec 2020. https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/byggtre-og-konstruksjonsvirke/iso3-skumisolert-trestender/.

„Japanese Robot Capable of Installing Drywall by Itself | ArchDaily". Viděno 9. červenec 2020. https://www.archdaily.com/903248/japanese-robot-capable-of-installing-drywall-by-itself.

Lattke, Frank, a Yrsa Cronhjort, ed. *SmartTES: Introduction to a New Retrofit Method*. SmartTES, innovation in timber construction for the modernisation of the building envelope / [Projektkoordinator: Frank Lattke]; [1]. München: Techn. Univ., Fak. für Architektur, 2014.

„LaWin: final report business model innovation". Viděno 20. listopad 2020. https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5b96e9cca&appId=PPGMS.

„Lehký obvodový plášť s dřevěnými prvky – vlastnosti, možnosti a pilotní projekty - TZB-info". Viděno 9. červenec 2020. https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/14135-lehky-obvodovy-plast-s-drevenymi-prvky-vlastnosti-moznosti-a-pilotni-projekty.

Austria-Architects. „Lycée Charles de Gaulle Transsolar KlimaEngineering". Viděno 9. červenec 2020. https://www.austria-architects.com/sv/projects/view/lycee-charles-de-gaulle.

Mančík, Štěpán, a Antonín Lupíšek. „TiCo - prefabrikovaný stavební systém pro bytové domy z dřevěných panelů s betonovou nosnou konstrukcí". TZB-info. Viděno 24. listopad 2020. https://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/20962-tico-prefabrikovany-stavebni-system-pro-bytove-domy-z-drevenych-panelu-s-betonovou-nosnou-konstrukci.

prairie architects inc. „Manitoba Hydro Place". Viděno 20. listopad 2020. https://www.prairiearchitects.ca/manitoba-hydro-place.

„Manitoba Hydro Place | Transsolar | KlimaEngineering". Viděno 9. červenec 2020. https://transsolar.com/projects/manitoba-hydro.

Maximise your recovery of construction and demolition materials with STEINERT sorting solutions, 2016. https://www.youtube.com/watch?v=c_AUIqLPmZk.

:„:mlzd - Projects". Viděno 24. listopad 2020. https://www.mlzd.ch/projects/auswahl/vos/.

Mohon, Lee. „NASA's Centennial Challenges: 3-D Printed Habitat Challenge". Text. NASA, 15. květen 2015. http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/centennial_challenges/3DPHab/index.html.

MORE-CONNECT. „MORE-CONNECT". Viděno 25. červenec 2017. http://www.more-connect.eu/.

„NEST – DFAB HOUSE". Viděno 10. červenec 2020. https://dfabhouse.ch/empa-nest/.

Pavlu, Tereza, Kristina Fortova, Jakub Divis, a Petr Hajek. „The Utilization of Recycled Masonry Aggregate and Recycled EPS for Concrete Blocks for Mortarless Masonry". *Materials (Basel, Switzerland)* 12, č. 12 (14. červen 2019). https://doi.org/10.3390/ma12121923.

Pešta, Jan, Tereza Pavlů, Kristina Fořtová, a Vladimír Kočí. „Sustainable Masonry Made from Recycled Aggregates: LCA Case Study". *Sustainability* 12, č. 4 (leden 2020): 1581. https://doi.org/10.3390/su12041581.

„Prefabrication". Viděno 9. červenec 2020. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Prefabrication.

„Produkty | SOUKUP MACHINERY". Viděno 5. listopad 2020. https://soukup.cz/cs/produkty/technologie-pro-vyrobu-drevostaveb/Know-how-drevostavby/.

„Professur für Entwerfen und Holzbau: TES EnergyFacade". Viděno 24. červenec 2017. http://www.holz.ar.tum.de/en/research/tesenergyfacade/.

„Project description - E2VENT". Viděno 25. červenec 2017. http://www.e2vent.eu/project-description.

„Průmyslová automatizace a robotizace výroby | ZLÍN ROBOTICS". Viděno 24. listopad 2020. https://www.zlinrobotics.cz/?gclid=CjwKCAiA-_L9BRBQEiwA-bm5fiXybuBt2yqkbyVPWVggvSH33Zlm2Uz1URgc7oh2jzOJ5PW4M0Ye9xoCUd0QAvD_BwE.

KUKA AG. „Průmyslové roboty". Viděno 24. listopad 2020. https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-služby/robotické-systémy/průmyslové-roboty.

rainbowecosystem. „Rainbow Ecosystem — Innovative Solutions for Eco Construction". Viděno 10. červenec 2020. https://rainbowecosystem.com/.

Raman, P, Sanjay Mande, a V. V. N Kishore. „A Passive Solar System for Thermal Comfort Conditioning of Buildings in Composite Climates". *Solar Energy* 70, č. 4 (1. leden 2001): 319–29. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00147-X.

www.skanska.cz. „Rebetong". Viděno 10. červenec 2020. https://www.skanska.cz/co-delame/specialni-cinnosti/vyroba-dodavka-a-cerpani-betonu/rebetong/.

Arch2O.com. „‚Robotization´ of BIM : How Robots Could Improve BIM Workflow", 19. únor 2016. https://www.arch2o.com/robotization-bim-robots-improve-bim-workflow/.

Rockwool 3D facade done by Robot At Work, 2017. https://www.youtube.com/watch?v=wAIuplbWzLY.

„SAM100 – Construction Robotics". Viděno 24. listopad 2020. https://www.construction-robotics.com/sam100/.

Santos, Jose. „PlusEnergy Building Renovation with Prefabricated Thermal Façade Elements: Kapfenberg". Text. Build Up, 17. srpen 2015. https://www.buildup.eu/cs/node/45373.

„Shaping Tomorrow | batiprint3d". Viděno 24. listopad 2020. https://www.batiprint3d.com/en.

New Atlas. „Smart Windows Channel Magnetic Fluids to Shade and Heat Rooms", 17. leden 2018. https://newatlas.com/fluidic-windows-iron-particles/53003/.

smartPrefab – Industrial manufacturing of prefabricated houses, 2017. https://www.youtube.com/watch?v=P1uvwwI29Qg.

„Stroomversn. Melick - 2.0 Architecten". Viděno 9. červenec 2020. http://2.0architecten.nl/component/k2/item/225-stroomversnelling-melick.

Svoboda, Michal Kovářík, Pavel. „3D tisk jako součást trendu zvyšování podílu robotizace ve stavebnictví", 23. únor 2015. https://businessworld.cz/infrastruktura/3d-tisk-jako-soucast-trendu-zvysovani-podilu-robotizace-ve-stavebnictvi-12164.

Make Architects. „The Gateway Building". Viděno 24. listopad 2020. https://www.makearchitects.com/projects/the-gateway-building/.

The houses that build themselves - BBC REEL, 2019. https://www.youtube.com/watch?v=phJNZRr8Qoo.

UCEEB. „TICO - Flexible Construction System on Basis of Timber and High-Performance Concrete Structures for Energy Efficient Residential Buildings", 23. prosinec 2016. https://www.uceeb.cz/en/projects/tico-flexible-construction-system-basis-timber-and-high-performance-concrete-structures.

Volf, Martin, Antonín Lupíšek, a Petr Hejtmánek. „Modular solutions for deep energy retrofitting – introduction and progress of MORE-CONNECT project". In *Passivhaus Tagung Konferenz 2017*, Roč. 21. Wien: Passive House Institute, 2017.

proHolz Austria. „Wohnhausanlage Johann-Böhm-Straße, Kapfenberg⁄ A". Viděno 23. listopad 2020. https://www.proholz.at/bauen-mit-holz/sanierungen/wohnhausanlage-johann-boehm-strasse-kapfenberg/-a.

Dezeen. „World's Tallest Timber Tower Proposed for Tokyo", 19. únor 2018. https://www.dezeen.com/2018/02/19/sumitomo-forestry-w350-worlds-tallest-wooden-skyscraper-conceptual-architecture-tokyo-japan/.

„Zur Bewertung klimatisch beanspruchter geklebter Glasverbindungen - Sirtl - 2017 - ce/papers - Wiley Online Library". Viděno 9. červenec 2020. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cepa.26.

11. SEZNAM ILUSTRACÍ

Následují seznamy použitých obrázků a tabulek

11.1. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zapojení do programu celoživotního vzdělávání v oblasti pasivních domů a dalších kategorií energeticky úsporné výstavby 23
Obrázek 2 - Příklad experimentální výstavby optimalizovaného železobetonového skeletu s vylehčenými prvky 29
Obrázek 3 - Výroba 2D dílců nosných stěn rodinných domů ve firmě RD Rýmařov využívající liniové výroby. 30
Obrázek 4 - Základní skladba systému Envilop 31
Obrázek 5 - Integrace OZE a experimentální instalace LOP s nízkou uhlíkovou stopou Envilop. 32
Obrázek 6 - ELOP – Energeticky aktivní lehký obvodový pláš 32
Obrázek 7 - Příklad energetické sanace řadových domů v Nizozemském Soersterbergu 33
Obrázek 8 - Nizozemský příklad využití prefabrikovaných dílců pro renovaci budov na energeticky nulový standard 34
Obrázek 9 - uliční pohled na dokončené domy 34
Obrázek 10 - BIM model výseku 1.NP systému TiCo. 35
Obrázek 11 - Experimentální stavba výseku systému TiCo 35
Obrázek 12 - Prefabrikované panely 39
Obrázek 13 - Výzkumné projekty 40
Obrázek 14 - Řada používaných moderních technologií byla původně vyvinuta pro účely vesmírného výzkumu 42
Obrázek 15 - Hlavní skupiny technologií stavebního průmyslu 4.0 43
Obrázek 16 - Zdicí robot 46
Obrázek 17 - Pokládka zámkové dlažby 46
Obrázek 18 - Řízená demolice betonové konstrukce 47
Obrázek 19 - Construction robotics SAM100 48
Obrázek 20 - Fastbrick Robotics: Hadrian X Digital Construction Systém 49
Obrázek 21 - Vizualizace projektu DFAB HOUSE, zdroj NCCR Digital Fabrication 51
Obrázek 22 - Testování robota pro nástřik betonové směsi, zdroj NCCR Digital Fabrication 51
Obrázek 23 - 3D Tisk betonovou směsí 52
Obrázek 24 - Příklad domu BOD, ... 53
Obrázek 25 - Systém Batiprint3D v akci, zdroj Batiprint3D 54
Obrázek 26 - Experimentální objekt MORE-CONNECT při osazování panelů 57
Obrázek 27 - Manitoba Hydro Place (Paul Hultberg) 59
Obrázek 28 - Schéma systému LaWin 61
Obrázek 29 - Prototyp okna s LaWin zasklívací jednotkou 62

Obrázek 30 - Axonometrie instalace fasádního panelu (vlevo) a detail vedení systémů TZB ve fasádě před zaklopením tepelnou izolací (vpravo) 67
Obrázek 31 - Půdorysný detail zateplení exteriérových instalačních šachet 67
Obrázek 32 -Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu 74
Obrázek 33 - Návštěvnické centrum Švýcarského ornitologického institutu 75
Obrázek 34 - Budova Gateway, Nottingham 77
Obrázek 35 - Budova Gateway, Nottingham 77
Obrázek 36 - Recyklované cihelné kamenivo a zdicí prvek pro suché zdění, z něj vyrobený 78
Obrázek 37 - Základový prvek pro suché zdění z recyklovaného cihelného kameniva – pohled a řez 79
Obrázek 38 - Prvky pro suché zdění z recyklovaného cihelného kameniva a jednopodlažní RD postavený z těchto prvků 79

11.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 -SWOT analýza z pohledu oboru pasivních domů 12
Tabulka 2 - Cíle a závazky ČR do roku 2020 18
Tabulka 3 - Přehled okrajových podmínek simulace 63
Tabulka 4 - Součinitele prostupu tepla konstrukcí v simulaci 63
Tabulka 5 - Výsledné teploty dle simulace 64